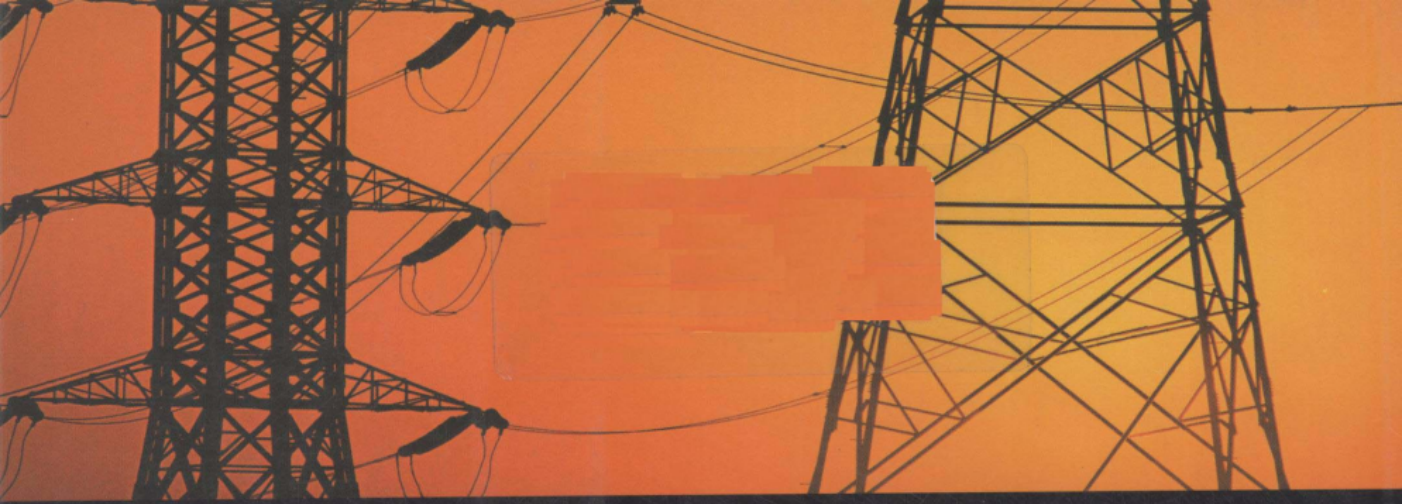


大中型
火电建设工程
建筑安装施工
安全生产技术

戚耀智　张建新　主编

中国标准出版社



内容提要

本书全面介绍了大中型火电建设工程建筑安装施工安全生产技术。是一本科学性、技术性和实用性很强的文本。全书共十七章，分别针对电力建设施工中的土方工程、脚手架工程、模板工程、起重工程、焊接工程、施工用电、危险作业、起重机械、建筑机械、运输机械、钢结构安装工程、特种设备安装工程、发电设备安装工程、无损检测、现场防火、职业健康卫生及季节性施工等安全生产技术内容进行了详细介绍。其内容涵盖了建筑安装企业的全部专业，充分结合施工现场的实际情况、针对性强，深入浅出、通俗易懂，对于搞好火电建设项目安全生产有着较强的实用性。

本书可指导从事火电建设工程的建筑安装施工人员施工操作安全生产技术，也可供火电建设单位、火电建设工程行政管理部门、安全生产管理部门、监理单位及其它领域从事建筑安装施工人员、大专院校师生阅读。

策划编辑：李春华
责任编辑：黄　辉
　　王　培
封面设计：张晓平
版式设计：胡雪萍
责任校对：马　涛
责任印制：程　刚

ISBN 978-7-5066-4917-9
9 787506 649179 >
定价：45.00 元

销售分类建议：能源、建筑

大中型火电建设工程建筑安装施工安全生产技术

戚耀智　张建新　主编

中国标准出版社

北　京

图书在版编目（CIP）数据

大中型火电建设工程建筑安装施工安全生产技术/戚耀智，张建新主编．—北京：中国标准出版社，2008
ISBN 978-7-5066-4917-9

Ⅰ.大… Ⅱ.①戚…②张… Ⅲ.火电厂-建筑安装工程-工程施工-安全生产 Ⅳ.TU745.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 079906 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码：100045
网址 www.spc.net.cn
电话：68523946 68517548
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 20.25 字数 466 千字
2008 年 7 月第一版 2008 年 7 月第一次印刷

*

定价 45.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话：(010)68533533

《大中型火电建设工程建筑安装施工安全生产技术》

编写委员会

顾　问　张蜀豫

主　审　张仕成　刘　俊

副主审　丁和平　承　华

主　编　戚耀智　张建新

副主编　郭建勇　蔡建平　马卫东　丁　妍

编　委　苏冠华　任惠萍　任文标　张志明　李根红
张晓东　乔大红　张运兴　肖胤中　袁铁锁
肖翠兰　杨裕庭　胡于圭　刘玉超　刘　畅

前　言

建筑行业是我国国民经济的支柱产业之一，建筑行业生产的产品为国民经济的发展奠定了重要的物质基础。同时，建筑行业也是一个危险性高、易发生事故的行业，我国每年建筑施工意外伤害事故时有发生，这给国家和企业带来了损失，给家庭带来了不幸。因此建筑行业是国家安全生产专项治理的重点行业之一。近年来，建筑行业安全管理的现状和建筑施工现场的诸多不安全因素影响了整个建筑业效益的提高。

为了建筑业持续健康的发展，国内外很多学者从20世纪60～70年代就开始对建筑业的安全管理问题进行了大量、深入、细致的研究，结果表明，造成建筑行业安全事故的主要原因是：安全意识不强，操作人员的行为不安全，技术上的不规范，施工环境不规范以及管理不规范等多因素综合作用的结果，而且绝大部分事故与管理因素和安全生产技术有关。

随着国家产业政策和投资方向的调整，从2006年起国家陆续出台了：限制耗能高、产能低的50MW及50MW以下火力发电机组的发展，并逐步退出电网，鼓励200MW及200MW以上火力发电机组的发展。而在这个调整发展过程中电力建设企业起着重要的作用。电力建设企业是建筑业的一个重要分支，其安全生产对电力建设项目的正常进行起着至关重要的作用。

为了贯彻落实《中华人民共和国安全生产法》、《建筑工程安全生产管理条例》，坚持不懈地执行“安全第一、预防为主、综合治理”的方针，我们组织多年从事大中型火电建设工程建筑安装施工的有关专家、学者编写了本书。本书是一本科学性、技术性和实用性很强的文本，是做好大中型火电建设工程建筑安装施工安全生产的基础，是有效的预防措施，它规范大中型火电建设工程建筑安装施工过程中的操作行为，防止违规作业、冒险蛮干，保证电力建设工程建筑安装施工人员的人身安全，保证施工生产活动得以正常进行。

本书对“大中型火电建设工程建筑安装施工安全生产技术”进行了详细介绍，主要内容还有：土方工程、脚手架工程、模板工程、起重工程、焊接工程、施工用电、高处作业、起重机械、建筑机械、运输机械、钢结构安装工程、特种设备安装工程、发电设备安装工程、无损检测、现场防火、职业健康卫生及季节性施工安全生产技术等内容。

大中型火电建设工程建筑安装施工涉及面广、影响因素多、技术要求

高，因此本书内容涵盖了建筑安装企业的全部专业，充分结合施工现场的实际情况、针对性强，深入浅出、通俗易懂，对于搞好火电建设项目安全生产有着较强的实用性。本书可指导从事火电建设工程的建筑安装施工人员施工操作安全生产技术，也可供火电建设单位、火电建设工程行政管理部门、安全生产管理部门、监理单位及其他领域从事建筑安装施工人员、大专院校师生阅读。

本书在编写过程中得到了河南省安装集团有限责任公司、河南省第一建筑工程有限责任公司、河南三建建设集团有限公司、河南理工大学、河南省体育局、河南省安阳化学工业集团有限责任公司等单位的大力协助。各章编写人员如下：

郭建勇　　（第一章）
蔡建平　　（第二章　第十五章第三、四节）
马卫东　　（第三章　第十五章第五节）
张运兴　　（第四章　第十五章第六、七节）
肖胤中　　（第五章）
张建新　苏冠华（第六章）
戚耀智　　（第七章　第八章　第十二章）
张晓东　　（第九章　第十八章第二节）
任惠萍　　（第十章　第十八章第三节）
袁铁锁　　（第十一章）
任文标　　（第十三章）
乔大红　　（第十四章　第十五章第一、二、八、九节　第十八章第一节）
张志明　　（第十六章）
李根红　　（第十七章）

在本书的前期策划和后期审核过程中广州市建设工程安全监督站张仕成；河南省安装集体有限责任公司刘俊；河南省第一建筑工程有限责任公司丁和平、丁妍；河南省四建股份有限公司肖翠兰；河南国安建设集团有限公司承华；核工业第二二建设公司刘玉超；Mega Eco Environmental Engineeringlnc 胡于圭；河南省建筑安装技工学校杨裕庭以及张蜀豫、刘畅等提出了很多宝贵意见，充实和完善了本书的内容，在此表示衷心的感谢。

编　者
2008 年 4 月

目　　录

第一章　土方工程安全生产技术 …… 1
第一节　土方工程概述 …… 1
第二节　土方的开挖 …… 1
第三节　基坑(槽)边坡支撑技术 …… 4
第四节　地面及基坑(槽)的排水和降水 …… 12
第五节　顶管施工 …… 16
第六节　盾构机及盾构施工 …… 18
第二章　脚手架工程安全生产技术 …… 20
第一节　脚手架工程概述 …… 20
第二节　脚手架的种类 …… 23
第三节　脚手架的搭设与使用 …… 24
第四节　脚手架工程安装安全技术 …… 27
第三章　模板工程安全生产技术 …… 34
第一节　模板工程概述 …… 34
第二节　模板的分类 …… 35
第三节　模板的结构和使用的材料 …… 35
第四节　模板安装的安全技术 …… 40
第五节　模板拆除的安全技术 …… 46
第四章　危险作业安全生产技术 …… 50
第一节　高处作业概述 …… 50
第二节　临边作业和洞口作业 …… 52
第三节　攀登与悬空作业 …… 55
第四节　操作平台与交叉作业 …… 58
第五节　高处作业安全防护设施的验收 …… 60
第六节　安全帽、安全带、安全网 …… 60
第五章　施工用电安全技术 …… 65
第一节　施工现场临时用电的原则 …… 65
第二节　施工现场临时用电组织设计 …… 66
第三节　外电线路及电气设备防护安全技术 …… 67
第四节　接地与防雷安全技术 …… 68
第五节　配电室及自备电源安全技术 …… 71
第六节　配电线路安全技术 …… 73

第七节　配电箱及开关箱安全技术 …… 76
第八节　照明安全技术 …… 80
第九节　手持式电动工具安全技术 …… 82
第六章　建筑机械安全生产技术 …… 85
第一节　建筑机械的分类及安全生产技术 …… 85
第二节　土方机械及安全生产技术 …… 86
第三节　混凝土机械及安全生产技术 …… 97
第四节　钢筋机械及安全生产技术 …… 105
第五节　装修机械及安全生产技术 …… 110
第六节　木工机械及安全生产技术 …… 114
第七章　起重作业安全生产技术 …… 117
第一节　起重作业通用安全生产技术 …… 117
第二节　常用的索具和吊具 …… 117
第三节　常用起重机具 …… 122
第四节　构件与设备吊装及安全生产技术 …… 126
第八章　起重吊装机械安全生产技术 …… 134
第一节　起重吊装机械安全生产技术 …… 134
第二节　履带式起重机及安全生产技术 …… 137
第三节　汽车、轮胎式起重机及安全生产技术 …… 138
第四节　塔式起重机及安全生产技术 …… 138
第五节　卷扬机及安全生产技术 …… 143
第六节　桅杆式起重机及安全生产技术 …… 144
第九章　运输机械安全生产技术 …… 146
第一节　运输机械通用安全生产技术 …… 146
第二节　载重汽车及安全生产技术 …… 147
第三节　自卸汽车及安全生产技术 …… 147
第四节　平板汽车及安全生产技术 …… 148
第五节　散装水泥车及安全生产技术 …… 149
第六节　机动翻斗车及安全生产技术 …… 149
第七节　叉车及安全生产技术 …… 150
第八节　施工升降机及安全生产技术 …… 151
第九节　物料提升机及安全生产技术 …… 154
第十章　焊接与切割作业安全生产技术 …… 156
第一节　焊接与切割的原理及分类 …… 156
第二节　焊接与切割作业的不安全因素 …… 157
第三节　电熔焊及其安全 …… 158
第四节　气焊与气割及其安全 …… 160
第五节　焊接与气割安全生产技术 …… 163

第十一章　钢结构制作与安装工程安全生产技术…… 168
第一节　钢结构工程概述…… 168
第二节　钢结构的分类及应用范围…… 169
第三节　钢结构工程使用的材料…… 172
第四节　钢结构制作安装的安全技术…… 176
第十二章　特种设备安全生产技术…… 179
第一节　特种设备概述…… 179
第二节　锅炉…… 180
第三节　压力容器…… 211
第四节　压力管道…… 221
第五节　气瓶…… 226
第十三章　发电设备安装工程安全生产技术…… 231
第一节　发电设备的分类…… 231
第二节　汽轮发电机组安装…… 232
第三节　发电设备安装的安全生产技术…… 246
第十四章　无损检测安全生产技术…… 248
第一节　无损探伤的分类及检测原理…… 248
第二节　无损探伤操作的防护和安全生产技术…… 253
第三节　无损探伤操作的通用安全生产技术…… 259
第十五章　一般工种安全生产技术…… 260
第一节　瓦工…… 260
第二节　木工…… 261
第三节　抹灰工…… 262
第四节　钢筋工…… 263
第五节　混凝土工…… 264
第六节　油漆工…… 266
第七节　玻璃工…… 267
第八节　防水工…… 267
第九节　普通工…… 269
第十六章　职业健康卫生安全生产技术…… 271
第一节　职业健康卫生概述…… 271
第二节　电力建设项目施工中存在的职业病…… 272
第三节　电力建设存在职业危害的主要工种…… 274
第四节　职业危害程度及防止措施…… 276
第十七章　施工现场防火安全生产技术…… 288
第一节　消防安全一般常识…… 288
第二节　施工现场仓库防火…… 292
第三节　施工现场防火…… 294

第四节　消防器材的配置和使用…… 299
第五节　消防管理制度 …… 302
第十八章　季节性施工安全生产技术…… 304
第一节　季节性施工概述…… 304
第二节　雨期施工…… 304
第三节　冬期施工…… 307
参考文献…… 312

第一章　土方工程安全生产技术

第一节　土方工程概述

电力建设的建筑物或构筑物都需要有基础，称为基础工程。所谓基础工程就是将建筑物或构筑物的所在位置下方的土或石按照设计的深度、宽度和长度挖掉，再按设计的要求建造不同结构、不同类型的基础。由此可见，在建筑施工中基础工程分为两部分：一部分是土或石的挖掘，另一部分是基础。后者属于工程质量，由质量监督人员管理。土或石的挖掘属于施工安全管理范畴。土或石的挖掘可分成两个部分：一是土或石的挖掘、运输、回填、压实。二是在挖掘和建造基础过程中要给操作人员创造一个防止坍塌的安全舒适的作业环境，这两部分综合起来称为土方工程。

土方工程是建筑工程施工中主要的分部分项工程之一，其施工中的安全是一个突出的问题，因土方坍塌造成的事故占每年工程死亡人数的55%左右，是建筑施工五大伤亡之一。土方工程包括土方的挖掘、运输、填筑和压实，顶管施工，盾构施工等主要施工过程，以及所需的排水、降水和土壁支撑的设计施工准备的辅助过程。

电力建设的土方工程具有以下特点：

1. 工程量大，施工期长；
2. 施工条件复杂多变，受环境、地质、气候等因素影响大；
3. 劳动强度大，需要劳动力众多；
4. 不安全因素多，安全应变措施必须得当。

大中型火电建设项目中的土方工程主要指：行政办公楼基础的土方工程、汽机车间基础的土方工程以及冷却塔基础的土方工程等。

第二节　土方的开挖

目前我国电力建设土方开挖一般有人工和机械两种方法；土方开挖前，应根据基坑设计和场地条件，编写土方开挖专项施工方案。如采用机械开挖，挖土机械的通道布置、挖土顺序、土方输运等，都应避免引起对围护结构、基坑内的工程桩、支撑立柱和周围环境等的不利影响。

1. 机械挖土

机械挖土实际是机械挖了以后，由人工清槽。

(1) 所有参与机械挖土的人员要遵守所使用机械的安全操作规程，机械的各种安全装置应齐全有效。

(2) 土方开挖的顺序应从上面向下分层分段依次进行，操作人员不得进入挖掘机的

工作范围内。禁止采用挖空地脚的操作方法，并且应该做好排水措施。

2. 人工挖土

(1) 人工开挖时，作业人员必须按施工的要求进行放坡或支撑防护。作业人员的横向间距不得小于 2 m，纵向间距不得小于 3 m，严禁掏洞和从下向上拓宽沟槽，以免发生塌方事故。

(2) 在深坑、深井内开挖时，要保持坑井内通风良好，并要随时检查是否有毒气体，遇有可疑情况，应该立即停止作业，报告上级处理。

(3) 开挖的沟槽边 1 m 内禁止堆土、堆料、停置机具。

(4) 开挖深度超过 2 m 时，必须在基坑上面边沿处设立两道防护栏杆。应设人员上下的扶梯和通道。

(5) 在软土和膨胀土地区开挖时，要编制有针对性的专项施工方案。

一、各类土方的开挖

1. 斜坡土的挖方

土坡坡度要根据工程地质和土坡高度，结合当地同类土体的稳定坡度值确定。

土方开挖宜从上到下分层分段依次进行，并随时做成一定的坡势以利泄水，且不应在影响边坡稳定的范围内积水。

在斜坡上方弃土时，应保证挖方边坡的稳定。弃土堆应连续设置，其顶面应向外倾斜，以防山坡水流入挖方场地。但坡度陡于 1/5 或在软土地区，禁止在挖方上侧弃土。在挖方下侧弃土时，要将弃土堆表面整平，并向外倾斜，弃土表面要低于挖方场地的设计标高，或在弃土堆与挖方场地间设置排水沟，防止地表水流入挖方场地。

2. 滑坡地段的挖方

在滑坡地段挖方的安全技术要求：

(1) 施工前先了解工程地质勘察资料、地形、地貌及滑坡迹象等情况；

(2) 不宜在雨季施工，同时不应破坏挖方上坡的自然植被，并要事先做好地面和地下排水设施；

(3) 遵循先整治后开挖的施工顺序，在开挖时，须遵循由上到下的开挖顺序，严禁采用先切除坡脚的危险挖土方法；

(4) 爆破施工时，严防因爆破振动产生滑坡；

(5) 抗滑挡土墙要尽量在旱季施工，基槽开挖应分段进行，并加设支撑，开挖一段就要做好这段的挡土墙；

(6) 开挖过程中如发现滑坡迹象(如裂缝、滑动等)时，应暂停施工，必要时，所有人员和机械要撤至安全地点。

3. 基坑(槽)和管沟的挖方

施工中应防止地面水流入坑、沟内，以免边坡塌方。

挖方边坡要随挖随撑，并支撑牢固，且在施工过程中应经常检查，如发现有松动、变形等现象时，要及时加固或更换。

4. 湿土地区的挖方

湿土地区开挖的安全技术要求：

(1) 施工前需要做好地面排水和降低地下水位的工作，若为人工降水时，要降至坑底0.5 m～1.0 m以下，方可开挖，采用明排水时可不受此限制；

(2) 相邻基坑和管沟开挖时，要先深后浅，并要及时做好基础；

(3) 挖出的土不应堆放在坡顶上，应立即转运至规定的距离以外。

5. 膨胀土地区的挖方

在膨胀土地区开挖时的安全技术要求：

(1) 开挖前要做好排水工作，防止地表水、施工用水和生活废水浸入施工现场或冲刷边坡；

(2) 开挖后的基土不许受烈日暴晒或水浸泡；

(3) 开挖、作垫层、基础施工和回填土等要连续进行；

(4) 采用砂地基时，要先将砂浇水至饱和后再铺填夯实，不能采取在基坑(槽)或管沟内浇水使砂沉落的方法施工。

钢(木)支撑的拆除，要按回填顺序依次进行。多层支撑应自下而上逐层拆除，随拆随填。

二、挖土时其他应注意的安全事宜

每项工程开工前，都要编制土方工程施工方案，其内容包括施工准备、开挖方法、放坡、排水、边坡支护等，边坡支护应根据相关规范要求进行设计，并有设计计算书。

(1) 挖土前根据安全技术交底了解地下管线、人防及其他构筑物情况和具体位置。地下构筑物外露时，必须进行加固保护。作业过程中应避开管线和构筑物。在现场电力、通信电缆2 m范围内和现场燃气、热力、给排水等管道1 m范围内挖土时，必须在主管单位人员监护下采取人工开挖。

(2) 开挖槽、坑、沟深度超过1.5 m，必须根据土质和深度情况按安全技术交底放坡或加可靠支撑，遇边坡不稳、有坍塌危险征兆时，必须立即撤离现场，并及时报告施工负责人，采取安全可靠排险措施后，方可继续挖土。

(3) 槽、坑、沟必须设置人员上下坡道或安全梯。严禁攀登固壁支撑上下，或直接从沟、坑边壁上挖洞攀登爬上或跳下。间歇时，不得在槽、坑坡脚下休息。深基坑四周应设防护栏杆。

(4) 挖土过程中遇有古墓、地下管道、电缆或其他不能辨认的异物和液体、气体时，应立即停止作业，并报告施工负责人，待查明处理后，再继续挖土。

(5) 槽、坑、沟边1 m以内不得堆土、堆料、停置机具。堆土高度不得超过1.5 m。槽、坑、沟与建筑物、构筑物的距离不得小于1.5 m。开挖深度超过2 m时。必须在周边设两道牢固护身栏杆，并立挂密目安全网。

(6) 人工开挖土方时，两人横向间距不得小于2.5 m，纵向间距不得小于3 m。严禁掏洞挖土，搜底挖槽；用挖土机施工时，挖土机的工作范围内，不得有人进行其他工作，多台机械同时开挖时，应验算边坡的稳定性。根据规定和计算确定挖土机离边坡

的安全距离。挖土机间距应大于 10 m，挖土要自上而下，逐层进行，严禁先挖坡脚的危险作业。

(7) 钢钎破冻土、坚硬土时，扶钎人应站在打锤人侧面用长把夹具扶钎，打锤范围内不得有其他人停留。锤顶应平整，锤头应安装牢固。钎子应直且不得有飞刺。打锤人不得戴手套。

(8) 从槽、坑、沟中吊运送土至地面时，绳索、滑轮、钩子、箩筐等垂直运输设备、工具应完好牢固。起吊、垂直运送时，下方不得站人。

(9) 配合机械挖土清理槽底作业时，严禁进入铲斗回转半径范围。必须待挖掘机停止作业后，方准进入铲斗回转半径范围内清土。

(10) 夜间施工时，应合理安排施工项目，防止挖方超挖或铺填超厚。施工现场应根据需要安设照明设施，在危险地段应设置红灯警示。

(11) 挖土方前对周围环境要认真检查，不能在危险岩石或建筑物下面进行作业。

(12) 基坑开挖应严格按要求放坡，操作时应随时注意边坡的稳定情况，如发现有裂纹或部分塌落现象，要及时进行加固处理(支撑或改缓放坡)，并注意支撑的稳固和边坡的变化。

(13) 运土道路的坡度、转弯半径应符合有关规定。

(14) 土方爆破时应遵守爆破作业的有关规定。

第三节　基坑(槽)边坡支撑技术

基坑按其深度不同可以分为两类：深度小于 5 m 的称为浅基坑；深度大于 5 m 的称为深基坑。基坑边坡支护都要编制专项施工方案，并进行设计计算。按照《建设工程安全生产管理条例》的要求，深基坑方案应组织专家论证审查，合格后方可实施。基坑挖好后，当边坡土体中的剪应力大于抗剪强度时，边坡就会失稳坍塌。影响抗剪强度的主要是土体内磨阻力和内聚力。影响土体的剪应力、内磨阻力和内聚力的因素有：一是土的类别影响，不同类别的土，其土体的内磨阻力和内聚力不同；二是土的湿化程度影响，土内含水愈多，湿化程度愈高，使土壤颗粒之间产生润滑作用，内磨阻力和内聚力均降低。同时含水量增加，使土的自重增加，裂缝中产生静水压力，增加了土体内剪应力；三是气候的影响，使土质松软；四是基坑边坡上面附加荷载或外力松动影响，能使土体中剪应力大大增加，甚至超过土体的抗剪强度，使边坡失去稳定而塌方。

一、基坑(槽)边坡的稳定

1. 基坑(槽)边坡的规定

当地质情况良好、土质均匀、地下水位低于基坑(槽)底面标高时，可不加支撑。这时的边坡最陡坡度应按表 1-1 的规定确定。

表 1-1　深度在 5 m 以内(包括 5 m)的基坑(槽)边的最大坡度

土的类别	边坡坡度(高：宽)		
	坡顶无荷载	坡顶有静荷载	坡顶有动载
中密的砂土	1：1.00	1：1.25	1：1.50
中密的碎石类土(充填物为黏性土)	1：0.75	1：1.00	1：1.25
硬塑的轻亚黏土	1：0.67	1：0.75	1：1.00
中密的碎石类土(充填物为黏性土)	1：0.50	1：0.67	1：0.75
硬塑的亚黏土、黏土	1：0.33	1：0.50	1：0.67
老黄土	1：0.10	1：0.25	1：0.33
软土(经井点降水后)	1：1.00	—	—

注：静载指堆土或材料等，动载指机械挖土或汽车运输作业等。静载或动载距挖方边缘的距离应在 1 m 以外，堆土或材料堆积高度不应超过 1.5 m。

2. 基坑(槽)土壁垂直挖深规定

基坑(槽)不放边坡，垂直挖深高度规定：

(1) 如果无地下水或地下水位低于基坑(槽)底面且土质均匀时，土壁不加支撑的垂直挖深不宜超过表 1-2 的规定。

表 1-2　基坑(槽)土壁垂直挖深规定

土的类别	深度/m
密实、中密的砂土和碎石类土(充填物为砂土)	1.00
硬塑、可塑的轻亚黏土及亚黏土	1.25
硬塑、可塑的黏土和碎石类土(充填物为黏性土)	1.50
坚硬的黏土	2.00

(2) 当天然冻结的速度和深度，能确保挖土时的安全操作，对于 4 m 以内深度的基坑(槽)开挖时可以采用天然冻结法垂直开挖而不加设支撑。但对于干燥的砂土则应严禁采用冻结法施工。

(3) 黏性土不加支撑的基坑(槽)最大垂直挖深可根据坑壁的重量、内摩擦角、坑顶部的均布荷载及安全系数等进行计算。

二、浅基础(挖深 5 m 以内)的土壁支撑形式

对于基坑深度在 5 m 以内的边坡支护有很多种形式，这里列举 8 种常见方法，见表 1-3。

表 1-3　浅基础支撑形式

支撑名称	适用范围	支撑方法
间断式水平支撑	能保持直立的干土或天然湿度的黏土类土，深度在 2 m 以内	两侧挡土板水平放置，用撑木加木楔顶紧，挖一层土支顶一层

续表 1-3

支撑名称	适用范围	支撑方法
断续式水平支撑	挖掘湿度小的黏性土及挖土深度小于 3 m 时	挡土板水平放置，中间留出间隔，然后两侧同时对称立上竖木方再用工具式横撑上下顶紧
连续式水平支撑	挖掘较潮湿的或散粒的土及挖土深度小于 5 m 时	挡土板水平放置，相互靠紧，不留间隔，然后两侧同时对称立上竖木方上下各顶一根撑木，端头加木楔顶紧
连续式垂直支撑	挖掘松散的或湿度很高的土（挖土深度不限）	挡土板垂直放置，然后每侧上下各水平放置木方一根用撑木顶紧，再用木楔顶紧
锚拉支撑	开挖较大基坑或使用较大型的机械挖土，而不能安装横撑时	挡土板水平顶在柱桩的内侧，柱桩一端打入土中，另一端用拉杆与远处锚桩拉紧，挡土板内侧回填土
斜柱支撑	开挖较大基坑或使用较大型的机械挖土，而不能采用锚拉支撑时	挡土板水平钉在柱桩的内侧，柱桩外侧由斜撑支牢，斜撑的底端只顶在撑桩上，然后在挡土板内侧回填土
短柱横隔支撑	开挖宽度大的基坑，当部分地段下部放坡不足时	打入小短木桩，一半露出地面，一半打入地下，地上部分背面钉上横板，在背面填土
临时挡土墙支撑	开挖宽度大的基坑，当部分地段下部放坡不足时	坡角用砖、石叠砌或用草袋装土叠砌，使其保持稳定

简单的说浅基坑防止边坡失稳坍塌的方法主要有以下三种。

（1）直壁不加支撑　无地下水或地下水低于基坑（槽）底面且土质均匀时，开挖的基坑可以不放坡和不加支护，而保持直壁。但直壁不加支撑的垂直挖深因土质不同而不同。如：堆填的砂土和碎石类土只能挖深 1.00 m；亚沙石土和亚黏土挖深 1.25 m；黏土 1.50 m深；特别坚实的黏土可达 2.00 m。

（2）放坡　开挖土方的深度超过一定限度时，基坑边坡应做成一定的坡度。土方放坡的大小与土质性能、开挖深度、开挖方法。边坡留置时间、排水情况、土体上堆积的荷载、周围环境、场地大小等有关。当土质均匀、地下水位低于基坑底面标高时，可以放坡，可放坡的最陡坡度与土质情况等有关。如：中密砂土，当坡顶无荷载时放坡的高与宽之比为 1∶1；当坡顶有堆土或堆放材料时，放坡的高与宽之比为 1∶1.25；当坡顶有挖土机或汽车运输等时，放坡坡度的高与宽之比为 1∶1.5。由此可以看出同一类土，坡顶的荷载越大，坡的宽度越大。

（3）支护　基坑开挖时若因场地的限制不能放坡或放坡后所增加的土方量太大，可采用设置挡土支撑的方法。支撑形式多种多样，常用的是：

① 用木板作挡土板。在基坑的宽度不是很大时，可采用木板作挡土板，放在基坑两侧的边坡上，中间用撑木或工具式横撑顶牢。挡土板可水平放置也可以垂直放置。这类支撑可视土质情况，做间断设置或连续放置。如天然含水量的黏性土，地下水在基坑底面

以下，可间断设置支撑，其他情况都应连续放置。

② 锚拉、斜撑支撑。当开挖的基坑较大，两边坡中间不适合安装横撑时，可用圆木等作桩柱，下端埋入基坑底部，上端用锚桩固定，将挡土板沿着水平方向固定在桩柱内侧；桩柱上端也可不用锚桩固定，而用斜撑顶牢，也能起到同样的作用。

③ 临时挡墙。当开挖宽度较大的基坑，在部分地段下部放坡不足时，可采用砂石或用编织袋装土，叠砌成一段临时挡土墙，使坡脚保持稳定。

三、深坑基础土壁支撑的形式

深度超过 5 m 以上的基坑称为深基坑，其支护方法常用的有如下几种类型，见表 1-4。

表 1-4　深坑基础支撑形式

支撑名称	适用范围	支撑方法
钢构架支护	在软弱土层中开挖较大，较深基坑，而不能用一般支护方法时	在开挖的基坑周围打板桩，在柱位置上打入暂设的钢柱，在基坑中挖土，每下挖 3 m～4 m。装上一层幅度很宽的构架式横撑，挖土在钢构架网格中进行
地下连续墙支护	开挖较大较深，周围有建筑物、公路的基坑，作为复合结构的一部分，或用于高层建筑的逆做法施工，作为结构的地下外墙	在开挖的基槽周围，先建造地下连续墙，待混凝土达到强度后，在连续墙中间用机械或人工挖土，直至要求深度。对跨度、深度不大时，连续墙刚度能满足要求的，可不设内部支撑。用于高层建筑地下室逆做法施工时，每下挖一层，把下一层梁板、柱浇筑完成，以此作为连续墙的水平框架支撑，如此循环作业，直到地下室的底层全部挖完土，浇筑完成
地下连续墙锚杆支护	开挖较大较深（＞10 m）的大型基坑，周围有高层建筑物，不允许支护有较大变形，采用机械挖土，不允许内部设支撑时	在开挖的基槽周围，先建造地下连续墙，在墙中间用机械开挖土方，至墙杆部位，用锚杆钻机在要求位置锚孔，放入锚杆，进行灌浆，等达到设计强度，装上锚杆，然后继续下挖至设计深度，如设有 2～3 层锚杆，每挖一层装一层锚杆，采用块凝砂浆灌浆
地下连续墙锚杆支护	开挖较大较深（＞10 m）的大型基坑，周围有高层建筑物，不允许支护有较大变形，采用机械挖土，不允许内部设支撑时	在开挖基坑的周围，用钻机钻孔，现场灌注钢筋混凝土桩，待达到强度，在中间用机械或人工挖土，下挖 1 m 左右，装上横撑，在桩背面已挖沟槽内拉上锚杆，并将它固定在已预先灌注的锚桩上拉紧，然后继续挖土至设计深度，在桩中间土方挖成向外拱形。使其起土拱作用，如临近有建筑物，不能设置锚拉杆，则采取加密桩距或加大桩径的方法来处理
挡土护坡桩与锚杆结合支撑	大型较深基坑开挖，临近有高层建筑物，不允许支护有较大变形时	在开挖基坑的周围钻孔，浇筑钢筋混凝土灌注桩，达到强度，在柱中间沿桩垂直挖土，挖到一定深度，安上横撑，每隔一定距离向桩背面斜下方用锚杆钻机打孔，在孔内放钢筋锚杆，用水泥压力灌浆，达到强度后，拉紧固定，在桩中间进行挖土直至设计深度。如设两层锚杆，可挖一层土，装设一次锚杆

续表 1-4

支撑名称	适用范围	支撑方法
板桩中央横顶支撑	开挖较大、较深基坑，板桩刚度不够，又不允许设置过多支撑时	在基坑周围先打板桩或灌注钢筋混凝土护坡桩，然后在内侧放坡挖中央部分土方到坑底，先施工中央部分框架结构至地面，然后再利用此结构作支撑，向板桩支水平横顶梁，再挖去放坡的土方，每挖一层、支一层横顶梁，直至坑底，最后建造靠近板桩部分的结构
板中央斜顶支撑	开挖较大、较深基坑，板桩刚度不够，坑内又不允许设置过多支撑时	在基坑周围先打板桩或灌注护坡桩，在内侧放坡开挖中央部分土方至坑底，并先灌注好中央部分基础，再从这个基础向板桩上方支斜顶梁，然后再把放坡的土方逐层挖除运出，每挖去一层支一道斜顶撑，直至设计深度，最后建靠近板桩部分地下结构
分层板桩支撑	开挖较大、较深基坑，当主体与群房基础标高不等而又无重型板桩时	在开挖裙房基础，周围先打钢筋混凝土板桩或钢板支护，然后在内侧普遍挖土至裙房基础底标高。再在中央主体结构基础四周打二级钢筋混凝土板桩，或钢板桩挖主体结构基础土方，施工主体结构至地面。最后施工裙房基础，或边继续向上施工主体结构、边分段施工裙房基础

随着建筑物的增高或地质状况的需要，出现了不少深基坑。深基坑的支护方法也很多，但各地都有不同的形式。这里只简要的介绍几种常用的支撑方法。

(1) 地下连续墙支护

这种支护多用于开挖较大较深，周围有建筑物、公路的基坑。可作为复合结构的一部分，或用于高层建筑的逆做法施工，作为结构的地下室外墙使用。具体做法是在开挖的基槽周围，先建造地下连续墙，待混凝土达到强度后，在连续墙中间用机械或人工挖土，直到要求深度。对跨度、深度不大时，连续墙刚度能满足要求，可不设内部支撑。用于高层建筑地下室逆做法施工，每下挖一层，把下一层梁板、柱浇铸完成，以此作为连续墙的水平框架支撑，如此循环作业，直到地下室的底层土全部挖完，浇灌完成。

(2) 挡土护坡柱与锚杆结合支撑

在大型较深基坑开挖，邻近有高层建筑，不允许支护有较大变形时使用。具体做法是在开挖基坑的周围钻孔，浇铸钢筋混凝土灌注桩，达到强度后，在桩中间沿桩垂直挖土，挖到一定深度，安上横撑，每隔一定距离向桩背面斜下方用锚杆钻机打孔，在孔内放钢筋锚杆，用水泥压力灌浆待达到强度后，拉紧固定，在桩中间进行挖土直至设计深度。如设二层锚杆，可挖一层土，装设一次锚杆。

(3) 水泥土围护体系

水泥土围护体系是用搅拌机械将水泥和土强行搅拌，形成以一定方式连续搭接的水泥土围护墙所构成的防水挡土体系。目前最常用的是水泥土搅拌桩以格构形式组成的挡墙。它既能挡土，也能隔水，且施工方便，无噪声无震动，对周围环境影响相对较小，同时

能创造较好的土方开挖作业空间。此种形式一般用于基坑开挖深度 7 m 以内的工程。若周围环境较好，对围护体变形或位移要求不敏感的地方，经采取一些特殊措施后，也有用于 9 m 左右开挖深度的基坑做围护。

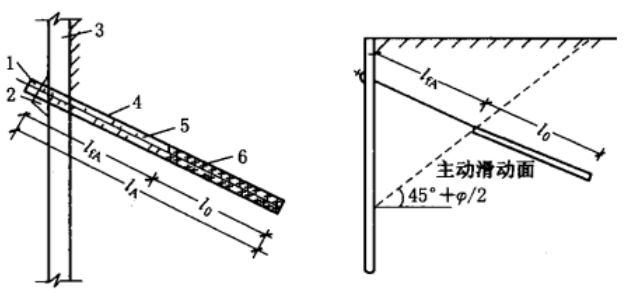
(4) 板式支护体系

板式支护体系是由桩排式围护墙或墙板式围护墙支撑体系、防渗结构所构成的防水挡土体系。

板式支护体系由围护墙结构、支撑与围挡体系，以及防渗与止水结构等组成。板式围护墙支护结构的常用形式有板桩墙支护结构、钻孔灌注桩围护墙支护结构、SMW 工法围护墙支护结构和地下连续墙做围护墙支护结构。

四、土层锚杆

近年来国外大量地将土层锚杆用于地下结构作护壁的支撑，它不仅用于基坑立壁的临时支护，而且在永久性建筑工程中亦得到广泛应用。土层锚杆由锚头、拉杆、锚固体等组成，见图 1-1(a)，同时根据主动滑动面分为锚固段和非锚固段，见图 1-1(b)。土层锚杆目前还是根据经验数据进行设计，然后通过现场试验进行检验，一般包括：确定基坑支护承受的荷载及锚杆布置；锚杆承载能力计算，锚杆的稳定性计算；确定锚固体长度、直径和拉杆直径等。



(a) 土层锚杆示意图　　(b) 锚固段与非锚固段的划分

1—锚头；2—锚头垫座；3—支护；4—钻孔；5—拉杆；6—锚固体；

l_0—锚固段长度；l_{fA}—非锚固段长度；l_A—锚杆长度

图 1-1　土层锚杆

五、挡土墙

1. 挡土墙构造和基本型式

(1) 挡土墙的作用

它主要用来维护土体边坡的稳定，防止坡体的滑动或边坡的坍塌，因而在建筑工程中得到广泛的使用。但由于处理不当，使挡土墙崩塌而发生的伤亡事故也不少，因此挡土墙的安全使用是十分必要的。

(2) 挡土墙的基本构造和型式

挡土墙有重力式挡土墙、钢筋混凝土挡土墙、锚杆挡土墙、锚定板挡土墙和其他轻型挡土墙等，对于高度在 5 m 以内的，一般多采用重力式挡土墙，即主要靠自身的重力来抵

抗倾覆，这类挡土墙构造简单、施工方便，也便于就地取材。

挡土墙常用的基本型式有垂直式和倾斜式两种（图 1-2），一般墙面坡度采用 1∶0.05～1∶0.25。其基础埋置深度，应根据地基的容许承载力、冻结深度、岩石风化程度、雨水冲刷等因素来确定。挡土墙基础埋深一般为 1.0 m～1.2 m；对于岩石地基，挡土墙埋深则视风化程度而定，一般为 0.25 m～1.0 m。基础宽与墙高之比为 1/2～2/3，沿水平方向每隔 10 m～25 m 要设置一道宽 20 mm～30 mm 的伸缩缝或沉降缝，缝内填塞沥青等柔性防水材料。在墙体的纵横方向，每隔 2 m～3 m，外斜 5%，留置孔眼尺寸不小于ϕ100 mm的泄水孔，并在墙后做滤水层或必要的排水盲沟，地面铺设防水层；当墙后有山坡时，还应在坡下设置排水沟，以便减少土压力。

2. 挡土墙的计算

按选定的型式，参考有关的资料或经验，初步估计确定一个墙身的截面尺寸，并验算墙身的稳定性和地基的强度，若所得结果过大或不足时，应重新选定尺寸再验算，直到满足设计要求及合理为止。计算的内容主要是：

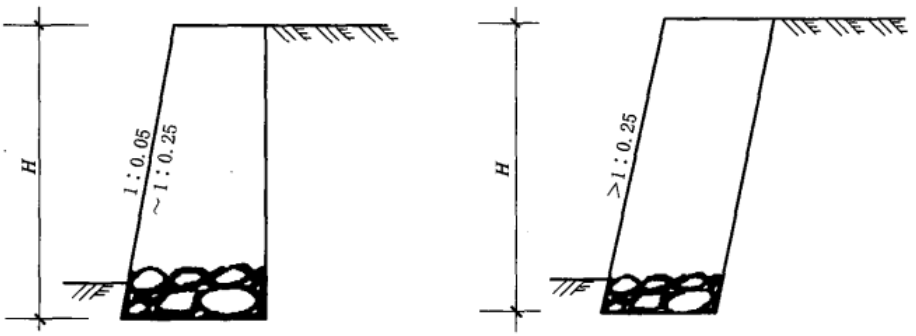
（1）土压力计算；

（2）倾覆稳定性验算；

（3）滑动稳定性验算；

（4）墙身强度验算。

挡土墙本身一般尺寸较大，不需作墙体抗压、抗拉验算。



(a) 垂直式　　(b) 倾斜式

图 1-2　重力式挡土墙

六、基坑支护的安全技术要求

1. 基坑开挖遇有下列情况之一时，应设置坑壁支护结构：

（1）因放坡开挖工程量过大而不符合技术经济要求；

（2）因附近有建（构）筑物而不能放坡开挖；

（3）边坡处于容易丧失稳定的松散土或饱和软土；

（4）地下水丰富而又不宜采用井点降水的场地；

（5）地下结构的外墙为承重的钢筋混凝土地下连续墙。

2. 基坑支护结构，应根据开挖深度、土质条件、地下水位、邻近建（构）筑物、施工环境和方法等情况进行选择和设计。大型深基坑可选用钢木支撑、钢板桩围堰、地下连续墙、

排桩式挡土墙、旋喷墙等作结构支护，必要时应设置支撑或拉锚系统予以加强。在地下水丰富的场地，宜优先选用钢板桩围堰、地下连续墙等防水较好的支护结构。

3. 采用钢(木)坑壁支撑时，应随挖随撑，且加以撑牢。坑壁支撑宜选用正规材料，木支撑应采用松木或杉木，不宜采用杂木条。随着土压力的增加，支撑结构将发生变形，故应经常注意检查，如有松动、变形现象时，应及时进行加固或更换。加固方法可用三角木楔打紧受力较小的横撑，或增加立木及横撑等。在雨季或化冻期更应加强检查。

4. 钢(木)支撑的拆除，应按回填次序进行。多层支撑应自下而上逐层拆除，随拆随填。拆除支撑时，应防止附近建筑物和构筑物等产生下沉和破坏，必要时采取加固措施。

5. 采用钢(木)板桩、钢筋混凝土预制桩或灌注桩作坑壁支撑时，应符合下列要求：

(1) 应尽量减少打桩时产生的振动和噪声对邻近建筑物、构筑物、仪器设备和城市环境的影响；

(2) 桩的制作、运输、打桩或灌注桩的施工安全要求应按相关规范的有关要求执行；

(3) 当土质较差，开挖后土可能从桩间挤出时，宜采用啮合式板桩；

(4) 在桩附近挖土时，应防止桩身受到损伤；

(5) 采用钢筋混凝土灌注桩时，应在桩的混凝土强度达到设计强度等级后，方可挖土；

(6) 拔除桩后的孔穴应及时回填和夯实。

6. 采用钢(木)板桩、钢筋混凝土桩作坑壁支撑并加设锚杆时，应符合下列要求：

(1) 锚杆宜选用螺纹钢筋，使用前应清除油污和浮锈，以便增强粘结的握裹力和防止发生意外；

(2) 锚固段应设置在稳定性较好的土层或岩层中，长度应大于或等于计算规定；

(3) 钻孔时不得损坏已有的管沟、电缆等地下埋设物；

(4) 施工前应做抗拔试验，测定锚杆的抗拔拉力，验证可靠后，方可施工；

(5) 锚固段应用水泥砂浆灌注密实；

(6) 应经常检查锚头紧固和锚杆周围的土质情况。

7. 采用旋喷或定喷的防渗墙作基坑开挖的支护时，应事先提出施工方案，旋喷注浆的施工安全应符合下列要求：

(1) 施钻前，应对地下埋设的管线调查清楚，以防地下管线受损发生事故。

(2) 高压液体和压缩机管道的耐久性应符合要求，管道连接应牢固可靠，防止软管破裂、接头断开，导致浆液飞溅和软管甩出的伤人事故。

(3) 操作人员必须戴防护眼镜，防止浆液射入眼睛内。如有浆液射入眼睛时，必须进行充分冲洗，并及时到医院治疗。

(4) 使用高压泵前，应对安全阀进行检查和测定，其运行必须安全可靠。

(5) 电动机运转正常后，方可开动钻机，钻机操作必须专人负责。

(6) 应有防止高压水或高压浆液从风管中倒流进入储气罐的安全措施。

(7) 施工完毕或下班后，必须将机具、管道冲洗干净。

8. 采用锚杆喷射混凝土作深基坑开挖的支护结构时，其施工安全和防尘措施，应符合下列要求：

(1) 施工前,应认真进行技术交底,应认真检查和处理锚喷支护作业区的危石。施工中应明确分工,统一指挥。

(2) 施工机具应设置在安全地带,各种设备应处于完好状态,张拉设备应牢靠,张拉时应采取防范措施,防止夹具飞出伤人。机械设备的运转部位应有安全防护装置。

(3) 在Ⅳ、Ⅴ类围岩中进行锚喷支护施工时,应遵守下列要求:

1) 锚喷支护必须紧跟工作面;

2) 应先喷后锚,喷射混凝土厚度不应小于 50 mm;喷射作业中,应有专人随时观察围岩变化情况;

3) 锚杆施工宜在喷射混凝土终凝 3 h 后进行。

(4) 施工中,应定期检查电源电路和设备的电器部件;电器设备应设接地、接零,并由持证人员安装操作,电缆、电线必须架空,严格遵守 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》中的有关规定,确保用电安全。

(5) 锚杆钻机应安设安全可靠的反力装置。在有地下承压水地层中钻进,孔口必须安设可靠的防喷装置,一但发生漏水、涌沙时能及时堵住孔口。

(6) 喷射机、水箱、风包、注浆罐等应进行密封性能和耐压试验,合格后方可使用。

喷射混凝土施工作业中,要经常检查出料弯头、输料管、注浆管和管路接头等有无磨薄、击穿或松脱现象,发现问题,应及时处理。

(7) 处理机械故障时,必须使设备断电、停风。向施工设备送电、送风前,应通知有关人员。

(8) 喷射作业中处理堵管时,应将输料管顺直,必须紧按喷头防止摆动伤人,疏通管路的工作风压不得超过 0.4 MPa。

(9) 喷射混凝土施工用的工作台应牢固可靠,并应设置安全护栏。

(10) 向锚杆孔注浆时,注浆罐内应保持一定数量的砂浆,以防罐体放空,砂浆喷出伤人。

(11) 非操作人员不得进入正在进行施工的作业区。施工中,喷头和注浆管前方严禁站人。

(12) 施工前操作人员的皮肤应避免与速凝剂、树脂胶泥直接接触,严禁树脂胶接触明火。

(13) 钢纤维喷射混凝土施工中,应采取措施,防止钢纤维扎伤操作人员。

第四节　地面及基坑(槽)的排水和降水

基坑开挖过程中应采取措施及时排水和降水,预防基坑被水浸泡引起坍塌事故。土方开挖或地下工程施工应尽可能避开雨季,当地下水位较高,基坑较深时应在枯水期施工。

1. 明沟排水

在基坑底挖一道排水沟并按排水量及基坑的长度等放置集水井,从坑壁、坑底渗出的地下水经排水沟引入集水井中,再用水泵将水排走。

2. 人工降水

(1) 轻型井点降水

轻型井点是将直径较细的井点管沉入坑底的蓄水层内，井点管上部与总管连接，通过总管利用抽水设备工作所产生的真空作用，将地下水从井点管内不断抽出，使原有的地下水位降低到坑底以下。轻型井点降水深度一般可达 7 m。

(2) 喷射井点降水

喷射井点由喷射井管、高压水泵和管线系统组成。其降水深度一般为 8 m～20 m。

(3) 深井井点降水

深井井点是利用真空原理，综合形成真空深井井点，则其降水效果更佳。自控真空深井井点就是当深井打设安装完毕后，由改造后的真空泵对全封闭的管井井点施加真空，以加快孔内透水速度。当水位达到设定的水位控制电极处时，水泵自动开泵抽水，直至水位落到原处，水泵自停，如此反复，以达到降水目的。深井井点的降水深度大于 10 m。深井井点的间距为 14 m～18 m，深井泵吸水口宜高于井底 1.0 m 以上。

一、地面及基坑(槽)排水

1. 大面积场地地面排水

(1) 大面积场地地面坡度不大时

(a) 在场地平整时，按向低洼地带或可泄水地带平整成漫坡，以便排出地表水。

(b) 场地四周设排水沟，分段设渗水井，以便排出地表水。

(2) 大面积场地地面坡度较大时

在场地四周设排水主沟，并在场地范围内设置纵横向排水支沟，将水流疏干，也可在下游设集水井，设水泵排出。

(3) 大面积场地地面遇有山坡地段时

应在山坡底脚处挖截水沟，使地表水流入截水沟内排出场地外。

2. 基坑(槽)排水

开挖底面低于地下水位的基坑(槽)时，地下水会不断渗入坑内。当雨季施工时，地表水也会流入基坑内。如果坑内积水，不及时排走，不仅会使施工条件恶化，还会使土被水泡软后，造成边坡塌方和坑底承载能力下降。因此，为确保安全生产，在基坑(槽)开挖前和开挖时，必须做好排水工作，保持土体干燥。

基坑(槽)的排水工作，应持续到基础工程施工完毕，并进行回填后才能停止。

基坑的排水方法，可分为明排水和人工降低地下水位两种方法。

(1) 明排水法

(a) 雨季施工时，应在基坑四周或水的上游，开挖截水沟或修筑土堤，以防地表水流入坑槽内。

(b) 基坑(槽)开挖过程中，在坑底设置集水井，并沿坑底的周围或中央开挖排水沟，使水流入集水井中，然后用水泵抽走，抽出的水应予以引开，严防倒流。

(c) 四周排水沟及集水井应设置在基础范围以外，地下水走向的上游，并根据地下水量大小、基坑平面形状及水泵能力，集水井每隔 20 m～40 m 设置一个。集水井的直径或

宽度一般为 0.6 m～0.8 m，其深度随着挖土的加深而加深，随时保持低于挖土面 0.7 m～1.0 m。井壁可用竹、木等进行简单加固。当基坑(槽)挖至设计标高后，井底应低于坑底 1 m～2 m，并铺设碎石滤水层，以避免在抽水时间较长时，将泥砂抽出及防止井底的土被扰动。

(d) 明排水法由于设备简单和排水方便，所以采用较为普遍，但它只宜用于粗粒土层，因水流虽大，但土粒不致被抽出的水流带走，也可用于渗水量小的黏性土。当土为细砂和粉砂时，抽出的地下水流会带走细粒而发生流砂现象，造成边坡坍塌、坑底隆起、无法排水和难以施工，此时应改用人工降低地下水位的方法。

(2) 人工降水

人工降低地下水位，就是在基坑开挖前，预先在基坑(槽)四周埋设一定数量的滤水管(井)，利用抽水设备从中抽水，使地下水位降落到坑底以下；同时在基坑开挖过程中仍然继续不断地抽水。使所挖的土始终保持干燥状态，从根本上防止细砂和粉砂土产生流砂现象，改善挖土工作的条件；同时土内的水分排出后，边坡坡度可变动，以便减小挖土量。

人工降水的方法有：轻型井点、喷射井点、管井井点、深井泵以及电渗井点等。究竟采用何种方法，可根据土的渗透系数、降低水位的深度、工程特点及设备条件等确定。参照表 1-5 选择，其中以轻型井点采用较广。

表 1-5　各种井点的适用范围

项次	井点类别	土的渗透系数/(m/昼夜)	降低水位深度/m
1	一级轻型井点	0.1～80	3～6
2	二级轻型井点	0.1～80	6～9
3	电渗井点	<0.1	5～6
4	管井井点	20～200	6～10
5	喷射井点	0.1～50	8～20
6	深井泵	10～80	>15

(a) 轻型井点一般用于土壤渗透系数 K 不小于 0.1 m/昼夜，最好用于 $K=5\sim20$ m/昼夜的土壤中。

(b) 对渗透系数 $K<0.1$ m/昼夜的土壤，可在轻型井点管的内圈增设一些电极(用钢筋或钢管)，通入直流电，以加速地下水向井点管渗透，加速排水，此法称为“电渗井点”排水。

(c) 当地下水位较高，基坑开挖较深时，应采用“喷射井点”进行降水。喷射井点的设备，主要是喷射井管、高压水泵和管网系统(进水总管、排水总管等)。一台高压水泵约可带动 20～30 根喷射井管。

(d) “管井井点”就是沿基坑每隔一定距离(20～50 m)设置一个管井(深度为 8～15 m)，每个管井单独用一台水泵(潜水泵或离心泵)不断抽水以降低地下水位，适用于渗透系数较大($K=20\sim200$ m/昼夜)、地下水量大的土层中。

(e) 当降水深度较大，在管井内用一般水泵满足不了要求时，可改用深井泵，这就是

“深井泵”降水方法。

二、降低地下水位的安全技术要求

1. 开挖低于地下水位的基坑(槽)、管沟和其他挖方时，应根据施工区域内的工程地质、水文地质资料、开挖范围和深度，以及防塌陷防流砂的要求，分别选用集水坑降水、井点降水或两者结合降水等措施降低地下水位，施工期间应保证地下水位经常低于开挖底面 0.5 m 以上。

2. 基坑顶四周地面应设置截水沟。坑壁(边坡)处如有阴沟或局部渗漏水时，应设法堵截或引出坡外，防止边坡受冲刷而坍塌。

3. 采用集水坑降水时，应符合下列要求：

(1) 根据现场地质条件，应能保持开挖边坡的稳定；

(2) 集水坑和集水沟一般应设在基础范围以外，防止地基土结构遭受破坏，大型基坑可在中间加设小支沟与边沟连通；

(3) 集水坑应比集水沟、基坑底面深一些，以利于集排水；

(4) 集水坑深度以便于水泵抽水为宜，坑壁可用竹篓、钢筋网外加碎石过滤层等方法加以围护，防止堵塞抽水泵；

(5) 排泄从集水坑抽出的泥水时，应符合环境保护要求；

(6) 边坡坡面上如有局部渗出地下水时，应在渗水处设置过滤层，防止土粒流失，并应设置排水沟，将水引出坡面；

(7) 土层中如有局部流砂现象，应采取防止措施。

4. 采用井点降水时，应根据含水层土的类别及其渗透系数、要求降水深度、工程特点、施工设备条件和施工期限等因素进行技术经济比较，选择适当的井点装置。

5. 降水前，应考虑在降水影响范围内的已有建筑物和构筑物可能产生的附加沉降、位移或供水井水位下降，以及在岩溶土洞发育地区可能引起的地面塌陷，必要时应采取防护措施。在降水期间，应定期进行沉降和水位观测并作出记录。

6. 在第一个管井井点或第一组轻型井点安装完毕后，应立即进行抽水试验，如不符合要求，应根据试验结果对设计参数作适当调整。

7. 采用真空泵抽水时，管路系统应严密，确保无漏水或漏气现象，经试运转后，方可正式使用。

8. 降水期间，应经常观测并记录水位，以便发现问题及时处理。

9. 井点降水工作结束后所留的井孔，必须用砂砾或黏土填实。如井孔位于建筑物或构筑物基础以下，且设计对地基有特殊要求时，应按设计要求回填。

10. 在地下水位高而采用板桩作支护结构的基坑内抽水时，应注意因板桩的变形、接缝不密或桩端处透水等原因而造成渗水量大的情况，必要时应采取有效措施堵截板桩的渗漏水，防止因抽水过多使板桩外的土随水流入板桩内，从而淘空板桩外原有建(构)筑物的地基，危及建(构)筑物的安全。

第五节 顶管施工

顶管法施工是在地下工作坑内，借助顶进设备的顶力将管子逐渐顶入土中，并将阻挡管道向前顶进的土壤，从管内用人工或机械挖出。这种方法比开槽挖土减少大量土方，并节约施工用地，特别是要穿越河流、公路、铁路以及建筑物和构筑物时，采用此法更为有利。随着城市建设的发展，顶管法在地下工程中普遍采用。顶管法所用的管子通常采用钢筋混凝土管或钢管，管径一般为 700 mm～2 600 mm，顶管施工主要包括：作业坑设置、后背（又称后座）修筑与导轨铺设、顶进设备布置、工作管准备、降水与排水、顶进、挖土与出土、下管与接口等。

一、顶管法施工

1. 顶管法施工的分类

目前顶管法施工可分为对顶法、对拉法、顶拉法、中继法、后顶法、牵引法、深覆土减摩顶进法等。在地下工程采用顶管法施工时，可按照地下工程项目的特点、设计要求、技术、标准、有关规程，工程环境的实际情况、施工的力量和经济效益来取不同的顶管法施工。

2. 顶管法施工准备工作

确定采用顶管施工方案前：

（1）施工单位应组织有关人员，对勘察、设计单位所提供的顶管施工沿线的工程地质及水文情况，以及地质勘察报告进行学习了解；尤其是对土壤种类、物理力学性质、含石量及其粒径分析、渗透性以及地下水位等的情况进行熟悉掌握。

（2）调查清楚顶管沿线的地下障碍物的情况，对管道穿越地段上部的建筑物、构筑物必须采取的安全防护措施。

（3）编制工程项目顶管施工组织设计方案，其中必须制订有针对性、实效性的安全技术措施和专项方案。

（4）建立各类安全生产管理制度，落实有关的规范、标准，明确安全生产责任制，职责、责任落实到具体人员。

3. 物资、设备的施工准备工作

（1）采用的钢筋混凝土管、钢管、其他辅助材料均应合格。

（2）顶管前必须对所用的顶管机具（如油泵车、千斤顶等）进行检查，保养完好后方能投入使用。

（3）顶管工作坑的位置、水平与纵深尺寸、支撑方法与材料平台的结构与规模、后背的结构与安装、坑底基础的处理与导轨的安装、顶进设备的选用及其在坑底的平面布置等均应符合规定要求。尤其是后背（承压壁）在承受最大顶力时，必须具有足够的强度和稳定性，必须保证其平面与所顶钢管轴线垂直，其倾斜允许误差±5 mm。

（4）在顶进千斤顶安装时必须符合有关规定、规程要求，尤其是要按照理论计算或经验选定的总顶力的 1.2 倍来配备千斤顶。千斤顶的个数，一般以偶数为宜。

（5）开挖工作坑的所有作业人员都应严格执行工程技术人员的安全技术交底，熟知

地上、地下的各种建筑物、构筑物的位置、深度、走向及可能发生危害所必须采取的劳动保护措施。

二、顶管法施工的安全技术要求

(1) 顶管前，根据地下顶管法施工技术要求，按实际情况，制定出符合规范、标准、规程的专项安全技术方案和措施。

(2) 顶管后座安装时，如发现后背墙面不平或顶进时枕木压缩不均匀，必须调整加固后方可顶进。

(3) 顶管工作坑采用机械挖上部土方时，现场应有专人指挥装车，堆土应符合有关规定，不得损坏任何构筑物和预埋立撑；工作坑如果采用混凝土灌注桩连续墙，应严格执行有关项的安全技术规程操作；工作坑四周或坑底必须有排水设备及措施；工作坑内应设符合规定的和固定牢固的安全梯，下管作业的全过程中，工作坑内严禁有人。

(4) 吊装顶铁或钢管时，严禁在扒杆回转半径内停留；往工作坑内下管时，应穿保险钢丝绳，并缓慢地将管子送入导轨就位，以便防止滑脱坠落或冲击导轨，同时坑下人员应站在安全角落。

(5) 插管及止水盘根处理必须按操作规程要求，尤其待工具管就位(应严格复测管子的中线和前、后端管底标高，确认合格后)并接长管子，安装水力机械、千斤顶、油泵车、高压水泵、压浆系统等设备全部运转正常后方可开封插扳管顶进。

(6) 垂直运输设备的操作人员，在作业前要对卷扬机等设备各部分进行安全检查，确认无异常后方可作业，作业时精力集中，服从指挥，严格执行卷扬机和起重作业有关的安全操作规定。

(7) 安装后的导轨应牢固，不得在使用中产生位移，并应经常检查校核；两导轨应顺直、平行、等高，其纵坡应与管道设计坡度一致。

(8) 在拼接管段前或因故障停顿时，应加强联系，及时通知工具管头部操作人员停止冲泥出土，防止由于冲吸过多造成塌方，并应在长距离顶进过程中，加强通风。

(9) 当因吸泥莲蓬头堵塞、水力机械失效等原因，需要打开胸板上的清石孔进行处理时，必须采取防止冒顶塌方的措施。

(10) 顶进过程中，油泵操作工应严格注意观察油泵车压力是否均匀渐增，若发现压力骤然上升，应立即停止顶进，待查明原因后方能继续顶进。

(11) 管子的顶进或停止，应以工具管头部发出信号为准。遇到顶进系统发生故障或在拼管子前 20 min，即应发出信号给工具管头部的操作人员，引起注意。

(12) 顶进过程中，一切操作人员不得在顶铁两侧操作，以防发生崩铁伤人事故。

(13) 如顶进不是连续三班作业，在中班下班时，应保持工具管头部有足够多的土塞；若遇土质差、因地下水渗流可能造成塌方时，则应将工具管头部灌满以增大水压力。

(14) 管道内的照明电信系统应采用安全电压，每班顶管前电工要仔细检查各种线路是否正常，确保安全施工。

(15) 工具管中的纠偏千斤顶应绝缘良好，操作电动高压油泵应戴绝缘手套。

(16) 顶进中应有防毒、防燃、防爆、防水淹的措施，顶进长度超 50m 时，应有预防缺

氧、窒息的措施。

(17) 氧气瓶与乙炔瓶(罐)不得进入坑内。

第六节 盾构机及盾构施工

1. 盾构机

盾构机是开挖土砂围岩的主要机械,盾构机的基本构造包括盾构机壳体、推进系统和拼装系统。盾构机壳体由切口环、支承环及盾尾组成,盾构机的推进系统由液压设备和盾构千斤顶组成。

2. 盾构施工

(1) 随着施工技术的不断革新与发展,盾构机的种类也越来越多,目前在我国地下工程施工中主要有:手掘式盾构机、挤压式盾构机、半机械式盾构机、机械式盾构机四大类。

(2) 盾构施工前,必须进行地表环境调查、障碍物调查以及工程地质勘察,确保盾构施工过程中的安全生产。

(3) 在盾构施工组织设计中,必须要有安全专项方案和措施,这是盾构设计方案中的关键问题。

(4) 必须建立供、变电,照明、通信联络、隧道运输、通风、人行通道、给水和排水的安全管理及安全措施。

(5) 必须有盾构机进洞、盾构机推进开挖、盾构机出洞这三个盾构施工过程中的安全保护措施。

(6) 在采用盾构法施工前,必须编制好应急预案,配备必要的急救物品和设备。

3. 盾构施工的安全技术要求

(1) 拼装盾构机的操作人员必须按顺序进行拼装,并对使用的起重索具逐一检查,认为可靠后方可吊装。

(2) 机械在运转中,须谨慎操作,严禁超负荷作业。发现盾构机械运转有异常或振动等现象时,应立即停机进行检查。

(3) 电缆头的拆除与装配,必须切断电源后方可进行作业。

(4) 操作盘的门严禁开着使用,防止触电事故。动力盘的接地线必须可靠,并经常检查,防止松动发生事故。

(5) 禁止同时启动二台以上电动机。连续启动二台以上电动机时,必须在第一台电动机运转指示灯亮后,方可再启动下一个电动机。

(6) 应定期对过滤器的指示器、油管、排放管等进行检查和保养。

(7) 开始作业时,应对盾构机各部件、液压系统、油箱、千斤顶、电压等进行仔细检查,严格执行负荷"均匀运转"。

(8) 盾构机出土皮带运输机,应设防护,并应由专人负责。

(9) 装配皮带运输机时,必须清扫干净;在制动开关周围,不得有障碍物,并有专人操作,检修时必须停机断电。

(10) 利用电瓶车作牵引时，司机必须经培训、考核合格持证驾驶；不准将手伸入电瓶车与出土车的连接处；车辆牵引时，应按照约定信号进行拖运。

(11) 出土车应设专人指挥引车，严禁超载。在轨道终端，必须安装限位装置。

(12) 门吊司机必须持证上岗，司索工应对钢丝绳、吊钩经常进行检查，不得使用不合格的吊索具，严禁超负荷吊运。

(13) 每天班前必须检测盾构机头部可燃气体的浓度，做好预测、预防和预控工作，并认真做好记录。

(14) 要及时清除盾构机内部的油回丝及零星可燃物。对乙炔、氧气要加强管理，严格执行动火审批程序及动火监护制度。在气压盾构施工时，严禁将易燃、易爆物品带入气压盾构施工区。

(15) 在隧道工程施工中，土层采用冻结法加固时，必须以适当的观测方法测定温度，掌握土层的冻结状态，必须对附近的建筑物或地下埋设物及盾构隧道本身采取防护措施。

第二章　脚手架工程安全生产技术

第一节　脚手架工程概述

脚手架是为建筑施工而搭设的上料、堆料与施工作业的临时结构架。脚手架是电力建设施工中必不可少的临时设施。比如砌筑砖墙、浇筑混凝土、墙面的抹灰、装饰和粉刷、结构构件的安装等，都需要在其近旁搭设脚手架，以便在其上进行施工操作、堆放施工用料和必要时的短距离水平运输。

脚手架虽然是随着工程进度而搭设，工程完毕就拆除，但它对建筑施工速度、工作效率、工程质量以及工人的人身安全有着直接的影响，如果脚手架搭设不及时，势必会拖延工程进度；脚手架搭设不符合施工需要，工人操作就不方便，质量得不到保证，工效也提不高；脚手架搭设不牢固，不稳定，就容易造成施工中的伤亡事故。因此，对脚手架的选型、构造、搭设质量等决不可疏忽大意轻率处理。

大中型火电建设项目中的脚手架工程主要指：行政办公楼施工的脚手架工程、汽机车间施工的脚手架工程、冷却塔施工的脚手架工程、烟囱施工的脚手架工程以及安装工程（包括锅炉、汽机、除尘器）中的脚手架工程等。

一、脚手架的作用及基本要求

1. 脚手架的作用

脚手架既要满足施工需要，且又要为保证工程质量和提高工效创造条件，同时还应为组织快速施工提供工作面。

2. 脚手架的基本要求

（1）要有足够的牢固性和稳定性，保证在施工期间对所规定的荷载或在气候条件的影响下不变形、不摇晃、不倾斜，能确保作业人员的人身安全。

（2）要有足够的面积满足堆料、运输、操作和行走的要求。

（3）构造要简单，搭设、拆除和搬运要方便，使用要安全，并能满足多次周转使用。

（4）要因地制宜，就地取材，量材施用。

二、脚手架的分类

按搭设的部位将脚手架分为以下三类。

（1）外脚手架　是指搭设在建筑物或构筑物外围的脚手架。分为单排脚手架和双排脚手架。

（2）内脚手架　是指搭设在建筑物或构筑物内的脚手架。

（3）工具式脚手架。

三、脚手架的材质与规格

1. 木质材料

(1) 木杆常用剥皮杉杆或落叶松，因其坚韧质轻。

(2) 使用木杆搭设脚手架时，立杆和斜杆(包括斜撑、抛撑、剪刀撑等)的小头直径一般不小于 70 mm；大横杆、小横杆的小头一般不小于 80 mm；脚手板的厚度一般不小于50 mm。

2. 竹质材料

竹竿一般采用四年以上生长期的楠竹。如有地方标准，竹竿的生长年限可按规定选取。

使用竹竿搭设脚手架时，其立杆、斜杆、顶撑、大横杆的小头一般不小于 75 mm，小横杆的小头不小于 90 mm。

3. 钢管

钢管应采用符合现行国家标准 GB/T 13793《直缝电焊钢管》或 GB/T 3091《低压流体输送用焊接钢管》中规定的 3 号普通钢管。其质量应符合国家标准 GB/T 700《碳素结构钢》中 Q235A 级钢的规定。每根钢管的最大质量不应大于 25 kg，钢管的尺寸为 ϕ48×3.5 mm和 ϕ51×3 mm，最好采用 ϕ48×3.5 mm 的钢管。

4. 铝合金管脚手架

铝合金管脚手架按照国际标准 CEN、欧洲安全标准 HD1004 制造。其特点是：

(1) 重量轻、强度高　铝镍合金架仅相当于传统木制、竹制脚手架的 1/5，铁制脚手架的 1/3 的总重量。配合高强度配件坚硬且耐压性强。

(2) 搭建方便　结构为精巧的内联式，使功效较安装普通脚手架提高 6 倍。仅需 2 人即可在 20 min 内搭起一个 21 m 高的单柱支架，且不需要任何辅助工具。

(3) 实用性强、组合多样　可基于楼梯、台阶、复杂地形使用。可随意搭设所需高度。

(4) 作业面积大。

(5) 移动灵活。

5. 扣件

扣件式钢管脚手架的扣件，应是采用可锻铸铁制作的扣件，其材质应符合现行国家标准 GB 15831《钢管脚手架扣件》的规定。扣件的螺杆拧紧扭力矩达到 65N·m 时不得发生破坏，使用时扭力矩应在 40N·m～65N·m 之间。

6. 钢脚手板

材质应符合现行国家标准 GB/T 700《碳素结构钢》中 Q235A 级钢的规定，用板材压制时，钢板厚度不要小于 2 mm。

7. 绑扎材料

(1) 铁丝　绑扎木脚手架一般采用 8 号镀锌铁丝，在使用前应事先进行回火处理，否则不能使用。对于已绑扎过的铁丝和回火钢丝不能重复利用。

(2) 竹篾　竹脚手架均应采用竹篾绑扎。竹篾用水竹或慈竹劈成。使用前需提前一天用水浸泡。3 个月要更换一次。

(3) 塑料篾　它是由塑料纤维编织而成带状，在竹脚手架中用以代替竹篾的一种绑扎材料。

四、脚手架构造

1. 多立杆式脚手架

多立杆式脚手架主要是指外脚手架，包括竹、木及钢管架。

竹、木脚手架一般将立杆直接埋于地基土中，钢管脚手架则不将立杆直接埋于土中，而是将地表面整平夯实，垫以厚度不小于 50 mm 的垫木或垫板，然后于垫木(或垫板)上加设底座再立立杆。

立杆与地面垂直，是脚手架主要受力杆件。它的作用是将脚手架上所堆放的物料和操作人员的全部重量，通过底座(或垫板)传到地基上。

大横杆与墙面平行，作用是与立杆连成整体，将脚手板上的堆放物料和操作人员的重量传到立杆上。小横杆与墙面垂直，作用是直接承受脚手板上的重量，并将其传到大横杆上。

斜撑是紧贴脚手架外排立杆，与立杆斜交并与地面约成 45°～60°角，上下连续设置，形成“之”字形，作用是防止架子沿纵长方向倾斜。

剪刀撑(十字撑、十字盖)是在脚手架外侧交叉成十字形的双支斜杆，双杆互相交叉，并都与地面成 45°～60°夹角，作用是把脚手架连成整体，增加脚手架的整体稳定。

抛撑是设置在脚手架周围的支撑架子的斜杆，防止脚手架向外倾斜或倾倒。

连墙杆件是沿立杆的竖向设置的能承受拉和压而与主体结构相连的水平杆件，其作用主要是承受脚手架的全部风荷载和脚手架平面外变形产生的轴力。

脚手板在施工层上应满铺。

2. 工具式脚手架

通常把从地面搭起的多立杆式脚手架以外的架子称为工具式脚手架。

(1) 悬挑脚手架　用外脚手架杆件 ϕ48×3.5 mm 钢管或型钢做挑梁，一端固定在楼板上，另一端悬出建筑物以外，在上面绑两根大横杆，确定脚手架的宽度，在这个悬挑杆上搭设脚手架，就叫做悬挑脚手架。脚手架的架体按外脚手架的设计计算方法计算。其构造也要符合外脚手架的规定。

(2) 吊篮脚手架　吊篮的最大长度不得超过 8 m，宽度为 0.8 m～1.0 m，高度不应超过两层，每层高度不得超过 2 m。吊篮顶部需设护头棚，外侧和两端用安全网封严。悬挂吊篮的挑梁应按设计规定与建筑物结构固定牢靠。

(3) 附着式升降脚手架　附着式升降脚手架也称整体提升脚手架或爬架。它是在建筑物的四周搭设一段高 12.8 m 的扣件式钢管脚手架，附着在建筑物上，沿着建筑物自行升降。这样既节约了大量脚手架材料，又可提高工效，又减少了工人在高空搭设脚手架的危险，应该说附着式升降脚手架是脚手架工程的一大技术进步。

(4) 挂脚手架　将脚手架挂在墙上或柱上事先预埋的挂钩上，在挂架上铺以脚手板而成。

(5) 门式钢管脚手架　以门架、交叉支撑、连接棒、挂扣式脚手板、锁臂等组成的基本

结构称为门式钢管脚手架。

第二节　脚手架的种类

随着建筑施工技术的发展，脚手架的种类也愈来愈多。从搭设材质上说，有竹、木、钢管脚手架（钢管脚手架中又分扣件式、碗扣式、门式、工具式、承插式等）和铝合金脚手架；按立杆的搭设排数，又可分单排架、双排架和满堂架；按搭设的用途，又可分为砌筑架、装修架；按搭设的位置可分为外脚手架和内脚手架。但不论是搭设材料、搭设立杆排数还是搭设用途，总的来讲，一般脚手架分为下列三大类。

1. 外脚手架

搭设在建筑物或构筑物的外围的脚手架称为外脚手架。外脚手架应从地面搭起，所以，也叫落地式脚手架，一般来讲建筑物多高，其架子就要搭多高。外脚手架又分单排脚手架和双排脚手架。

（1）单排脚手架：它由落地的一单排立杆与大、小横杆、扫地杆等绑扎或扣接而成，并搭设在建筑物或构筑物的外围。立杆只有单排横向水平杆的外端与纵向水平杆相连，另一端搁置在墙体上的脚手架。

（2）双排脚手架：它由落地的许多里、外两排立杆与大、小横杆、扫地杆等绑扎或扣接而成。即由内外两排立杆和水平杆等构成的脚手架。

2. 内脚手架

搭设在建筑物或构筑物内的脚手架称为内脚手架。主要有：

（1）马凳式内脚手架

它是由若干马凳沿墙的内面均摆，在其顶面铺设脚手架，凳与凳之间间隔适当的距离加设斜撑或剪刀撑组成。马凳可用竹、木、钢筋或型钢制作。

（2）支柱式内脚手架

它是用钢支柱配合横杆组成台架，上面铺脚手板，按适当的距离加设一定的斜撑或剪刀撑组成，并搭设在外墙的内面。

3. 工具式脚手架

（1）悬挑脚手架

它不直接从地面搭设，而是采用在楼板、墙体、梁或框架柱上以悬挑形式搭设。按悬挑杆件的不同种类可分为两种：一种是用 ϕ48×3.5 mm 的钢管，一端固定在楼板上，另一端悬出在外面，在这个悬挑杆上搭设脚手架，它的高度应不超过 6 步架；另一种是用型钢作悬挑杆件，搭设高度不超过 20 步架（总高 20 m～30 m）。

（2）吊篮脚手架

它的基本构件是用 ϕ50×3 mm 的钢管焊成矩形框架，并以 3～4 榀框架为一组，在屋面上设置吊点，用钢丝绳吊挂框架。它主要适用于外装修工程。

（3）附着式升降脚手架

附着在建筑物的外围，可以自行升降的脚手架称为附着式升降脚手架。

（4）挂脚手架

它是将脚手架挂在墙上或柱上事先预埋的挂钩上，在挂架上铺以脚手板而成。

第三节　脚手架的搭设与使用

1. 搭设前的准备工作

(1) 脚手架搭设前必须编制施工组织设计或专项施工方案，并经企业技术负责人审核批准。在施工前应由单位工程负责人按施工组织设计中有关脚手架的要求向搭设工人和施工人员进行技术交底。

脚手架专项施工方案的主要内容应包括：

a) 确定脚手架的种类、搭设方法和形状、使用功能。

b) 脚手架的设计计算。

c) 绘制脚手架施工详图(平面布置、几何尺寸要求)。

d) 脚手架的主要技术要求，如连墙件构造要求、立杆基础、地基处理等要求。

e) 编制脚手架的搭设和拆除方案。

f) 脚手架的交接验收、自检、互检、使用、维护、保养等措施。

(2) 对钢管、扣件、脚手板等构配件应按本要求进行质量检查验收，对不合格产品一律不得使用。

(3) 对脚手架的搭设场地要进行清理、平整，并使排水畅通。对高层脚手架或荷载较大而场地土软弱时的脚手架还应按设计要求对场地进行加固处理，如原土夯实，加设垫层(碎石或素混凝土)等。

2. 搭设过程中特别注意事项

(1) 脚手架必须配合施工进度搭设，一次搭设高度不应超过相邻连墙件以上两步。

(2) 严禁外径 48 mm 与 51 mm 的钢管混合使用。

(3) 扣件螺栓拧紧扭力矩不应小于 40N·m，且不应大于 65N·m。

(4) 立杆，纵、横向水平杆，连墙件等的搭设必须符合构造要求。

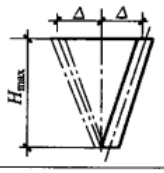
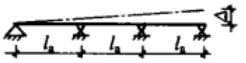
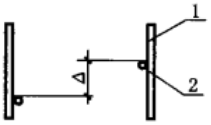
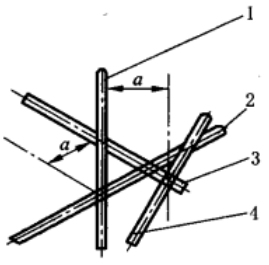
3. 脚手架搭设质量、检查验收

脚手架搭设质量、检查验收应符合表 2-1、表 2-2 要求。

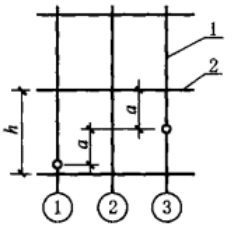
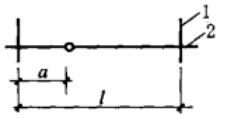
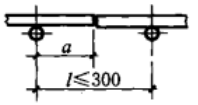
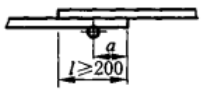
表 2-1　脚手架搭设的技术要求、允许偏差与检验方法表

项次	项目		技术要求	允许偏差 Δ/mm	示意图	检查方法与工具
1	地基基础	表面	坚实平整	—	—	观察
		排水	不积水			
		垫板	不晃动			
		底座	不滑动			
			不沉降	−10		

续表 2-1

项次	项目		技术要求	允许偏差 Δ/mm		示意图	检查方法与工具
2	立杆垂直度	最后验收垂直度 20 m～80 m		—	±100		用经纬仪或吊线和卷尺
		下列脚手架允许水平偏差/mm					
		搭设中检查偏差的高度/mm		总高度			
				50 m	40 m	20 m	
		$H=2$		±7	±7	±7	
		$H=10$		±20	±25	±50	
		$H=20$		±40	±50	±100	
		$H=30$		±60	±75		
		$H=40$		±80	±100		
		$H=50$		±100			
		中间档次用插入法					
3	间距	步距 纵距 横距	—	±20 ±50 ±20		—	钢板尺
4	纵向水平杆高差		一根杆的两端	—	±20		水平仪或水平尺
			同跨内两根纵向水平杆高度	—	±10		
5	双排脚手架横向水平杆外伸长度偏差		外伸 500 mm	−50		—	钢板尺
6	扣件安装	主节点处各扣件中心点相互距离	$a\leqslant 150$ mm				钢板尺

续表 2-1

项次	项目		技术要求	允许偏差 Δ/mm	示意图	检查方法与工具
6	扣件安装	同步立杆上两个相隔对接扣件的高差	$a \geqslant 500$ mm	—		钢板尺
		立杆上的对接扣件至主节点的距离	$a \leqslant h/3$			
		纵向水平杆上的对接扣件至主节点的距离	$a \leqslant la/3$			钢板尺
		扣件螺栓拧紧扭力矩	40～65N·m	—	—	扭力手
7	剪力撑斜杆与地面的倾角		40°～60°	—	—	角尺
8	脚手架外伸长度	对接	a=130 mm～150 mm $l \leqslant 300$ mm	—		卷尺
		搭接	$a \geqslant 100$ mm $l \geqslant 200$ mm	—		卷尺

注：图中 1—立杆；2—纵向水平杆；3—横向水平杆；4—剪刀撑。

表 2-2　扣件拧紧抽样检查数目及质量判定标准

项次	检查项目	安装扣件数量/个	抽检数量/个	允许的不合格数
1	连接立杆与纵(横)向水平杆或剪刀撑的扣件；接长立杆、纵向水平杆或剪刀撑的扣件	50～90	5	0
		91～150	8	1
		151～281	13	1
		281～500	20	2
		501～1 200	32	3
		1 201～3 200	50	5

续表 2-2

项次	检查项目	安装扣件数量/个	抽检数量/个	允许的不合格数
2	连接横向水平杆与纵向水平杆或剪刀撑的扣件(非主节点处)	50～90	5	1
		91～150	8	2
		151～281	13	3
		281～500	20	5
		501～1 200	32	7
		1 201～3 200	50	10

4. 脚手架使用过程中的管理

脚手架使用过程中应分阶段、定期对其进行质量检查，特别要注意连墙件是否漏设或被拆除而未补设？脚手架是否超载？立杆是否悬空？基础沉降情况如何？等等。

第四节　脚手架工程安装安全技术

为确保建筑施工用脚手架的安全，在施工过程中应严格执行 JGJ 130—2001《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》、JGJ 128—2000《建筑施工门式钢管脚手架安全技术规范》、《建筑施工附着升降脚手架管理暂行规定》(建设部建建[2000]230 号)、《插口架子安全技术操作规程》、《吊篮架子安全技术操作规程》、《桥式架子安全技术操作规程》、GB 15831—2006《钢管脚手架扣件 》等标准和规范。此外还应符合下述基本安全要求。

一、基本安全技术要求

1. 脚手架搭设前，必须制定施工方案和搭设的安全技术措施。

2. 脚手架搭设或拆除人员必须由按劳动部颁发的《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》进行培训，经考核合格，领取《特种作业人员操作证》的专业架子工进行。

3. 脚手架与高压线路的水平距离和垂直距离必须符合规范规定。

4. 当遇大雾及雨、雪天气和 6 级以上大风时，不得进行脚手架上的高处作业。雨、雪天后作业时，必须采取安全防滑措施。

5. 脚手架搭设作业时，应按形成基本构架单元的要求逐排、逐跨和逐步地进行搭设，矩形周边脚手架宜从其中的一个角部开始向两个方向延伸搭设。确保已搭部分稳定。

6. 在架上作业人员应穿防滑鞋和佩挂好安全带，脚下应铺设必要数量的脚手板，并应铺设平稳，且不得有探头板。

7. 架上作业人员应做好分工和配合，不要用力过猛，以免引起人身或杆件失衡。

8. 作业人员应佩带工具袋，工具用后装于袋中，不要放在架子上，以免掉落伤人。

9. 架设材料要随上随用，以免放置不当时掉落。

10. 在搭设作业进行中，地面上的配合人员应避开可能落物的区域。

11. 在脚手架上进行电气焊作业时，应有防火措施。

12. 除搭设过程中必要的1～2步架的上下外，作业人员不得攀登脚手架上下，应走房屋楼梯或另设安全人梯。

13. 钢管脚手架的高度超过周围建筑物或在雷暴较多的地区施工时，应安设防雷装置。其接地电阻应不大于4Ω。

14. 较重的施工设备(如电焊机等)不得放置在脚手架上。

二、材料要求

1. 脚手架用钢管：应有产品质量合格证，必须涂有防锈漆并严禁打孔。

2. 扣件：采用可锻造铸铁制作的扣件，其材质应符合现行国家标准GB 15831—2006《钢管脚手架扣件》的规定。新扣件必须有产品合格证。

旧扣件使用前应进行质量检查，有裂缝、变形的严禁使用，出现滑丝的螺栓必须更换。

3. 脚手板：脚手板可采用钢、木两种材料，每块重量不宜大于30 kg。

冲压新钢脚手板，必须有产品质量合格证。板长度为1.5 m～3.6 m，厚2 mm～3 mm，肋高5 mm，宽23 mm～25 mm，其表面锈蚀斑点直径不大于5 mm，并沿横截面方向不得多于3处。脚手板一端应压连接卡口，以便铺设时扣住另一块的端部，板面应冲有防滑圆孔。

木脚手板应采用杉木或松木制作，其长度为2 m～6 m，厚度不小于5 cm，宽23 cm～25 cm，不得使用有腐朽、裂缝、斜纹及大横透节的板材。两端应设直径为4 mm的镀锌钢丝箍两道。

4. 安全网：宽度不得小于3 m，长度不得大于6 m，网眼不得大于10 cm，必须使用维纶、锦纶、尼龙等材料，严禁使用损坏或腐朽的安全网和丙纶网。密目安全网只准做立网使用。

三、扣件式钢管脚手架的安全技术要求

1. 脚手架应由立杆(冲天)，纵向水平杆(大横杆、顺水杆)，横向水平杆(小横杆)，剪刀撑(十字盖)，抛撑(压栏子)，纵、横扫地杆和拉结点等组成，脚手架必须有足够的强度、刚度和稳定性，在允许施工荷载作用下，确保不变形、不倾斜、不摇晃。

2. 脚手架搭设前应清除障碍物、平整场地、夯实基土、做好排水，根据脚手架专项安全施工组织设计(施工方案)和安全技术措施交底的要求，基础验收合格后，放线定位。

3. 垫板宜采用长度不少于2跨，厚度不小于5 cm的木板，也可采用槽钢，底座应准确放在定位位置上。

4. 结构承重的单、双排脚手架搭设高度不超过20 m，构造主要参数见表2-3。

立杆应纵成线、横成方，垂直偏差不得大于架高的1/200。立杆接长应使用对接扣件连接，相邻的两根立杆接头应错开500 mm，不得在同一步架内。立杆下脚应设纵、横向扫地杆。

表 2-3　扣件式钢管脚手架构造参数

结构形式	用途	宽度/m	立杆间距/m	步距/m	横向水平杆间距
单排架	承重	1～1.2	1.5	1.2	1 m，一端伸入墙体不少于 240 mm
	装修	1～1.2	1.5	1.2	1 m，同上
双排架	承重	2～2.5	1.5	1.2	1 m
	装修	2～2.5	1.5	1.2	1 m

纵向水平杆在同一步架内纵向水平高差不得超过全长的 1/300，局部高差不得超过 50 mm。纵向水平杆应使用对接扣件连接，相邻的两根纵向水平杆接头错开 500 mm。且不得在同一跨内。

横向水平杆应设在纵向水平杆与立杆的交点处，与纵向水平杆垂直。横向水平杆端头伸出外立杆应大于 100 mm，伸出里立杆为 450 mm。

架高 20 m 以上时，从两端每 7 根立杆（一组）从下到上设连续式的剪刀撑，架高 20 m 以下可设间断式剪刀撑（斜支撑），即从架子两端转角处开始（每 7 根立杆为一组）从下到上连续设置。剪刀撑钢管接长应用两只旋转扣件搭接，接头长度不小于 500 mm，剪刀撑与地面夹角为 45°～60°。剪刀撑每节两端应用旋转扣件与立杆或横向水平杆扣牢。

5. 脚手架与在建建筑物拉结点必须用双股 8 号钢丝或 ϕ6 钢筋与结构拉结牢固，拉结点之间水平距离不大于 6 m，垂直距离不大于 4 m。高度超过加 20 m 的脚手架不得使用柔性材料进行拉结。

6. 高层施工脚手架（高 20 m 以上）在搭设过程中，必须以 15 m～18 m 为一段，根据实际情况，采取撑、挑、吊等分阶段将荷载卸到建筑物的技术措施。

7. 铺、翻脚手板：脚手板铺设于架子的作业层上。脚手板有木、钢两种，不得使用竹编脚手板。脚手板必须满铺、铺严、铺稳，不得有探头板和飞跳板。铺脚手板可对头或搭接铺设，对头铺脚手板，搭接处必须是双横向水平杆，且两根间隙 200 mm～250 mm，有门窗口的地方应设吊杆和支柱，吊杆间距超过 1.5 m 时，必须增加支柱。

搭接铺脚手板时，两块板端头的搭接长度应不小于 200 mm，如有不平之处要用木块垫在纵、横水平杆相交处，不得用碎砖块塞垫。

翻脚手板应二人操作，配合要协调，要按每档由里逐块向外翻，到最外一块时，站到邻近的脚手板把外边一块翻上去。翻、铺脚手板时必须系好安全带。脚手板翻板后，下层必须留一层脚手板或兜一层水平安全网，作为防护层。不铺板时，横向水平杆间距不得大于 3 m。

四、工具式脚手架的安全技术要求

1. 插口架允许负荷最大不得超过 1 176 N/m^2，脚手架上严禁堆放物料，人员不得集中停留。

2. 插口架提升或降落，应使用塔式起重机等起重机械，必须用卡环吊运，严禁任何人站在架子上随架子升降。

3. 插口架不得超过建筑物两个开间，最长不得超过 8 m，宽度不得超过 1 m。钢管组装的插口架，其立杆间距不得大于 2 m，大、小面均须设斜支撑；焊接的插口架，定型边框为立杆的，其立杆间距不得大于 2.5 m，大面要设剪刀撑。

4. 插口架上下两步脚手板，必须铺满、铺平、固定牢固。下步不铺板时要满挂水平安全网。上下两步都要设两道护身栏，立挂密目安全网，横向水平杆间距以 0.5 m～1 m 为宜。

5. 插口架外侧要接高挂网，其高度应高出施工作业层 1 m，要设剪刀撑，并用密目安全网从上至下封严，安全网下脚要封死扎牢。相邻插口架应在同一平面，接口处应封闭严密。

6. 甲型插口架别杠应为大于 10 cm×10 cm 的优质木方。别杠要别于窗口的上下口，每边长度要长出窗口 200 mm。上下别杠的立杆与横杆连接处应用双扣件；丙型插口架（挂架子）穿墙螺栓端部的螺纹应采用梯形螺纹扣，用双螺母锁牢。

7. 插口架安装操作顺序：甲型插口架应“先别后摘”，“先挂后拆”（即在安装时，应先别好别杠，后摘去卡环；在拆除时，应先挂好卡环，后拆掉别杠）。丙型插口架应在安装时先锁紧螺母，后摘去卡环；在拆除时，应先挂好卡环，后拆掉螺母。

8. 结构外墙是现浇钢筋混凝土的，其强度应达到 70%以上，才能安装插口架。

9. 插口架安装后必须经过检查验收，合格签字，才能使用。

五、吊篮式脚手架的安全技术要求

1. 吊篮搭设构造必须遵照专项安全施工组织设计规定，组装或拆除时，应 3 人配合操作，严格按搭设程序作业，任何人不允许改变方案。

2. 吊篮的负载不得超过 1 176 N/m^2（120 kg/m^2），吊篮上的作业人员和材料要对称分布，不得集中在一头，保持吊篮荷载平衡。

3. 升降吊篮的手扳葫芦应用 3 t 以上的专用配套的钢丝绳。使用倒链应用 2 t 以上的，承重的钢丝绳直径不小于 12.5 mm，吊篮两端应设保险绳，其直径与承重钢丝绳相同。绳卡不得少于 3 个，严禁使用有接头的钢丝绳。

4. 承重钢丝绳与挑梁连接必须牢靠，并应有预防钢丝绳受剪的保护措施。

5. 吊篮的位置和挑梁的设置应根据建筑物实际情况而定。挑梁挑出的长度与吊篮的吊点必须保持垂直，安装挑梁时，应使挑梁探出建筑物一端稍高于另一端。挑梁在建筑物内外的两端应用杉槁或钢管连接牢固，成为整体。阳台部位的挑梁在挑出部分的顶端要加斜撑抱桩，斜撑下要加垫板，并且将受力的阳台板和以下的两层阳台板设立柱加固。

6. 吊篮可根据工程的需要组装单层或双层吊篮，双层吊篮要设爬梯，留出活动盖板，以便人员上下。

7. 吊篮长度一般不得超过 8 m，宽度以 0.8 m～1 m 为宜。单层吊篮高度以 2 m，双层吊篮高度以 3.8 m 为宜。用钢管为立杆的吊篮，立杆间距不得超过 2.5 m，单层吊篮至少设三道横杆，双层吊篮至少设五道横杆。

8. 以钢管组装的吊篮大、小面均需设戗，以焊接预制框架组装的吊篮，长度超过 3 m 的大面要设戗。

9. 吊篮的脚手板必须铺平、铺严，并与横向水平杆固定牢，横向水平杆的间距可根据脚手板厚度而定，一般以 0.5 m～1 m 为宜。吊篮作业层外排和两端小面均应设两道护身栏，并挂密目安全网封严，索死下角，里侧应设护身栏。

10. 以手扳葫芦为吊具的吊篮，钢丝绳穿好后，必须将保险扳把卸掉，系牢保险绳或安全销，并将吊篮与建筑物拉牢。

11. 吊篮里侧距建筑物 100 mm 为宜，两吊篮之间间距不得大于 200 mm。不得将两个或几个吊篮连在一起同时升降，两个吊篮接头处应与窗口、阳台作业面错开。

12. 升降吊篮时，必须同时摇动所有手扳葫芦或拉动倒链，各吊点必须同时升降，保持吊篮平衡。吊篮升降时不要碰撞建筑物，特别是阳台、窗户等部位，应有专人负责推动吊篮，防止吊篮挂碰建筑物。

13. 吊篮使用期间，应经常检查吊篮防护、保险、挑梁、手扳葫芦、倒链和吊索等，发现隐患，立即解决。

14. 吊篮组装、升降、拆除、维修必须由专业架子工进行。

六、门式脚手架的安全技术要求

1. 脚手架搭设前必须对门架、配件、加固件应按规范进行检查验收，不合格的严禁使用。

2. 脚手架搭设场地应进行清理、平整夯实，并做好排水。

3. 地基基础施工应按门架专项安全施工组织设计（施工方案）和安全技术措施交底进行。基础上应先弹出门架立杆位置线，垫板、底座安放位置应准确。

4. 不配套的门架与配件不得混合使用于同一脚手架。门架安装应自一端向另一端延伸，不得相对进行。搭完一步后，应检查、调整其水平度与垂直度。

5. 交叉支撑、水平架和脚手板应紧随门架的安装及时设置。连接门架与配件的锁臂、搭钩必须锁住、锁牢。水平架和脚手板应在同一步内连续设置，脚手板必须铺满、铺严，不准有空隙。

6. 底层钢梯的底部应加设钢管并用扣件扣紧在门架的立杆上，钢梯的两侧均应设置扶手，每段梯可跨越两步或三步门架再行转折。

7. 护身栏杆、立挂密目安全网应设置在脚手架作业层外侧，门架立杆的内侧。

8. 加固杆、剪刀撑必须与脚手架同步搭设。水平加固杆应设于门架立杆内侧，剪刀撑应设于门架立杆外侧，并扣接牢固。

9. 连墙件的搭设必须随脚手架搭设同步进行，严禁滞后设置或搭设完毕后补做。当脚手架作业层高出相邻连墙件已两步的，应采取确保稳定的临时拉结措施，直到连墙件搭设完毕后，方可拆除。

10. 加固件、连墙件等与门架采用扣件连接，扣件规格必须与所连钢管外径相匹配，扣件螺栓拧紧，扭力矩宜为 50 N·m～60 N·m，并不得小于 40 N·m。

11. 脚手架搭设完毕或分段搭设完毕必须进行验收检查，合格签字后，交付使用。

12. 脚手架拆除必须按拆除方案和拆除安全技术措施交底规定进行。拆除前应清除架子上材料、工具和杂物，拆除时应设置警戒区和挂警戒标志，并派专人负责监护。

13. 拆除的顺序，应从一端向另一端，自上而下逐层地进行，同一层的构配件和加固件应按先上后下，先外后里的顺序进行，最后拆除连墙件。连墙件、通长水平杆和剪刀撑等必须在脚手架拆除到相关门架时，方可拆除。

14. 拆除的工人必须站在临时设置的脚手板上进行拆卸作业。拆除工作中，严禁使用榔头等硬物击打、撬挖。拆卸连接部件时，应先将锁座上的锁板与卡钩上的锁片旋转至开启位置，然后拆除，不得硬拉、敲击。

15. 拆下的门架、钢管与配件，应成捆用机械吊运或由井架传送至地面，防止碰撞，严禁抛掷。

七、坡道的安全技术要求

1. 脚手架运料坡道宽度不得小于 1.5 m，坡度以 1∶6(高∶长)为宜。人行坡道，宽度不得小于 1 m，坡度不得大于 1∶3.5。

2. 立杆、纵向水平杆间距应与结构脚手架相适应，单独坡道的立杆、纵向水平杆间距不得超过 1.5 m。横向水平杆间距不得大于 1 m，坡道宽度大于 2 m 时，横向水平杆中间应加吊杆，并每隔 1 根立杆在吊杆下加绑托杆和八字戗。

3. 脚手板应铺严、铺牢。对头搭接时板端部分应用双横向水平杆。搭接板的板端应搭过横向水平杆 200 mm，并用三角木填顺板头凸棱。斜坡坡道的脚手板应钉防滑条，防滑条厚度 30 mm，间距不得大于 300 mm。

4. 之字坡道的转弯处应搭设平台，平台面积应根据施工需要，但宽度不得小于 1.5 m。平台应绑剪刀撑或八字戗。

5. 坡道及平台必须绑两道护身栏杆和 180 mm 高度的挡脚板。

八、脚手架附属安全网的安全技术要求

1. 搭设好的水平安全网在承受 100 kg 重、表面积 2 800 kg/cm^2 的砂袋假人，从10 m 高处的冲击后，网绳、系绳、边绳不断。搭设安全网支撑杆间距不得大于 4 m。

2. 无外脚手架或采用单排外脚手架和工具式脚手架时，凡高度在 4 m 以上的建筑物，首层四周必须支固定 3 m 宽的水平安全网(20 m 以上的建筑物搭设 6 m 宽双层安全网)，网底距下方物体表面不得小于 3 m(20 m 以上的建筑物不得小于 5 m)。安全网下方不得堆物品。

3. 在施工程 20 m 以上的建筑每隔 4 层(10 m)要固定一道 3 m 宽的水平安全网。安全网的外边沿要明显高于内边沿 50 cm～60 cm。

4. 扣件式钢管外脚手架，必须立挂密目安全网，沿外架子内侧进行封闭，安全网之间必须连接牢固，并与架体固定。

5. 工具式脚手架必须立挂密目安全网，沿外排架子内侧进行封闭，并按标准搭设水平安全网防护。

6. 20 m 以上建筑施工的安全网一律用组合钢管角架挑支，用钢丝绳绷拉，其外沿要高于内口，并尽量绷直，内口要与建筑物锁牢。

7. 在施工程的电梯井、采光井、螺旋式楼梯口，除必须设金属可开启式安全防护门

外，还应在井口内首层并每隔 4 层固定一道水平安全网。

8. 无法搭设水平安全网的，必须逐层立挂密目安全网全封闭。搭设的水平安全网，直至没有高处作业时方可拆除。

九、脚手架拆除的安全技术要求

1. 脚手架拆除人员必须由符合《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》并参加考试取得《特种作业人员操作证》的专业架子工进行。

2. 拆除前的准备工作应符合下列规定：

a) 应全面检查脚手架的扣件连接、连墙件、支撑体系等是否符合构造要求。

b) 应根据检查结果补充完善施工组织设计中的拆除顺序和措施，经主管部门批准后方可实施。

c) 应由单位工程技术人员向操作的架子工进行安全技术交底，要注意轻拿轻放，严禁扔、摔、砸、撞。以防脚手架变形，影响使用。

d) 应清除脚手架上的杂物及地面的障碍物。

3. 拆除脚手架时应符合下列要求：

a) 应由上而下按层按步的拆除(即先搭后拆)，严禁上下同时作业。其拆除程序是先拆护身栏、脚手板和横向水平杆，再依次拆剪刀撑的上部扣件和接杆。

b) 连墙件必须随脚手架逐层拆除，严禁先将连墙件整层或数层拆除后再拆除脚手架。

c) 分段拆除高差不宜大于 2 步，如果高差大于 2 步，应增加连墙件加固。

d) 当脚手架拆至下部最后一根长立杆(约 6.5 m)时，应先在适当位置搭设临时支撑加固后，再拆除连墙件。

e) 当脚手架采取分段、分立面拆除时，对不拆除的脚手架两端，应按《建筑施工扣件式脚手架钢管脚手架安全技术规范》的规定设置连墙件和横向斜撑加固。

f) 拆除全部剪刀撑、抛撑以前，必须搭设临时加固斜支撑，预防架倾倒。

4. 拆脚手架杆件，必须由 2～3 人协同操作，拆纵向水平杆时，应由站在中间的人向下传递，严禁向下抛掷。

5. 拆除作业区的周围及进出口处，必须派专人瞭望，严禁非作业区人员进入危险区域，拆除大片架子应加临时围栏。作业区内电线及其他设备有妨碍时，应事先与有关部门联系拆除、转移或加防护。

6. 附着升降脚手架的拆卸工作必须按照专项施工组织设计及安全操作规范的要求进行。拆除工作前应对施工人员进行安全技术交底，拆除时应有可靠的防止人员与物料坠落的措施，严禁抛扔物料。

7. 拆除桥架时，横桥、立柱均应按顺序自上而下拆除，平稳落地。不准随意扔下。立柱的拆除严禁采用一次放倒的办法进行。拆下的零部件要保持完好，运到指定地点，按规格型号分类码放整齐，交机具部门验收保管。

第三章　模板工程安全生产技术

本章介绍大中型火电建设项目中使用模板的分类；模板工程所使用的材料的性能和规格；模板安装的安全技术和模板拆除的安全技术。

第一节　模板工程概述

模板通常由三部分组成：模板面、支撑结构（包括水平支承结构，如龙骨、桁架、小梁等，以及垂直支承结构，如立柱、格构柱等）和连接配件（包括穿墙螺栓、模板面联结卡扣、模板面与支承构件以及支承构件之间联结零配件等）。

模板工程必须经过计算设计，并绘制模板施工图，制定相应的施工安全技术措施。特别是当前高层与大跨度混凝土结构日益增多，模板结构的设计与施工不合理、强度或稳定性不足、操作不符合要求等将会导致模板破坏、人员伤亡、发生工伤事故。

模板工程就其材料用量、人工、费用及工期来说，在混凝土结构工程施工中是十分重要的组成部分，在建筑施工中也占有相当重要的位置。特别是近年来城市高层建筑增多，现浇钢筋混凝土结构数量增大，其工作量占总混凝土工程的70%以上，因此模板工程的重要性就显得更为突出。

模板使用的设计计算，主要是模板结构（包括模板面、支撑体系和连接件）的设计计算，这些计算虽然是工程技术人员的责任，但安全管理人员应熟悉计算原则和方法。

模板的结构设计，必须能承受作用于模板结构上的所有垂直荷载和水平荷载（包括混凝土的侧压力、振捣和倾倒混凝土时产生的侧压力、风力等）。在所有可能产生的荷载中要选择最不利的组合验算模板整体结构，包括模板面、支撑结构、连接配件的强度、稳定性和刚度。当然首先在模板结构设计上必须保证模板支撑系统形成空间稳定的结构体系。

模板工程的支撑杆必须经过设计计算，并绘制模板施工图，制订相应的施工安全技术措施。光凭经验去选择模板结构断面尺寸和间距是不可靠的，特别是当前高层与大跨度水平混凝土构件日益增多，因支撑体系失稳造成模板坍塌事故时有发生。为了保证模板工程设计与施工的安全，安全专职人员应具有相应的基本常识，如混凝土对模板的侧压力、作用在模板上的荷载、模板材料的物理力学性质和结构及支撑体系计算等。了解模板工程的关键所在，才能在施工过程中进行有效的安全监督。

按照《建筑法》和《建设工程安全生产管理条例》的要求，模板工程施工前应编制专项施工方案，其内容主要包括：

（1）该工程现浇混凝土工程的概况；

（2）拟选定的模板类型，确定现浇混凝土梁、板、柱等采用的模板的种类及支撑材料；

（3）模板面、模板支撑体系的设计计算及布料点的设置；

(4) 绘制模板施工图以及平面、立面和剖面的构造详图；

(5) 模板搭设的程序、步骤及要求；

(6) 浇筑混凝土时的注意事项；

(7) 制定检查、验收和使用等的措施；

(8) 模板拆除的程序及要求。

大中型火电建设项目中的模板工程主要指：行政办公楼墙体的模板工程、汽机车间墙体的模板工程、冷却塔墙体的模板工程以及烟囱墙体的模板工程等。

第二节　模板的分类

模板按其功能分类，常用的模板主要有五大类。

1. 定型组合模板

定型组合模板包括定型组合钢模板、钢木定型组合模板、组合铝模板以及定型木模板。目前我国推广应用量较大的是定型组合钢模板。从 1987 年起我国开始推广钢与木(竹)胶合板组合的定型模板，并配以固定立柱早拆水平支撑和模板面的早拆支撑体系，这是目前我国较先进的一种定型组合模板，也是国际上较先进的一种组合模板。组合铝模板是从美国引进的一种铸铝合金模板，具有刚度大、精度高的优点，但造价高。

2. 墙体大模板

20 世纪 70 年代我国高层剪力墙结构兴起，整体快速周转的工具式墙体大模板迅速得到推广。大模板有钢制大模板、钢木组合大模板以及由大模板组合而成的筒子模等。

3. 飞模(台模)

飞模是用于楼盖结构混凝土浇筑的整体式工具式模板，具有支拆方便、周转快、文明施工等特点。飞模有铝合金桁架与木(竹)胶合板面组成的铝合金飞模，有轻钢桁架与木(竹)胶合板面组成的轻钢飞模，也有用门式钢脚手架或扣件式钢管脚手架与胶合板或定型模板组成的脚手架飞模，还有将楼面与墙体模板连成整体的工具式模板——隧道模。

4. 滑升模板

滑升模板是整体现浇混凝土结构施工的一项新工艺。广泛应用于工业建筑的烟囱、水塔、筒仓、竖井和民用高层建筑剪力墙、框剪、框架结构施工。滑升模板在大中型火电建设中广泛应用于烟囱、冷却塔等建筑。滑升模板主要由模板面、围圈、提升架、液压千斤顶、操作平台、支承杆等组成，滑升模板一般采用钢模板面，也可用木，或木(竹)胶合板面。围圈、提升架、操作平台一般为钢结构，支承杆一般用直径 ϕ25 的圆钢或螺纹钢制成。

5. 一般木模板

一般木模板的板面采用木板或木胶合板，支承结构采用木龙骨、木立柱，连接件采用螺栓或铁钉。

第三节　模板的结构和使用的材料

一般模板通常由 3 部分组成：模板面、支撑结构(包括水平支撑结构，如龙骨、桁梁、小

梁等，以及垂直支撑结构，如立柱、格构柱等）和连接配件（包括穿墙螺栓、模板面连接卡扣、模板面与支撑构件以及支撑构件之间连接的配件等）。

模板的结构设计，必须能够承受作用于模板上的所有垂直荷载和水平荷载（包括混凝土的侧压力、振捣和倾倒混凝土所产生的侧压力、风力等）。在所有可能产生的荷载中，要选择最不利的组合验算模板整体结构和构件及配件的强度、稳定性和刚度。当然，首先在模板结构设计上必须保证模板支撑系统形成空间稳定的结构体系。

模板工程所使用的材料，可以是钢材、木材和铝合金等。下面分别介绍这些材料的规格和性能。

1. 钢材

应根据设计要求、模板体系的重要性、荷载特征、连接方法等不同情况，选择其钢号和材质，且宜采用平炉或氧气转炉钢（沸腾钢或镇静钢）、16Mn 钢、16Mnq 钢。

钢材质量应符合 GB/T 700—2006《碳素结构钢》和 GB/T 1591—1994《低合金结构钢技术条件》。

钢管应符合 GB/T 13793—1992《直缝电焊钢管》或 GB/T 3091—2001《低压流体输送用焊接钢管》中规定的普通钢管，其质量应符合 GB/T 700—2006《碳素结构钢》中 Q235A 级钢的规定。有严重锈蚀、弯曲、压扁及裂纹等疵病的不得使用。

钢铸件应符合 GB/T 5676—1985《一般工程用铸造碳钢》中规定的 ZG 200-420、ZG 230-450、ZG 270-500 和 ZG 310-570 号钢的要求。

钢管扣件应符合 GB 15831—2006《钢管脚手架扣件》的规定。

焊接用的焊条应符合 GB/T 5117—1995《碳钢焊条》或 GB/T 5118—1995《低合金钢焊条》中的规定；连接用的普通螺栓应符合 GB/T 700—2006《碳素结构钢》中规定的 Q235A 的要求。

模板支架的材料宜优先选用钢材。

组合钢模板及配件制作质量应符合 GB 50214—2001《组合钢模板技术规范》的规定。

钢材的强度设计值（材料强度的标准值除以抗力分项系数），对于 Q235A 级钢应根据钢材厚度或直径（按表 3-1 的分组）按表 3-2 采用。冷弯薄壁型钢钢材的强度设计值应按表 3-3 采用。

表 3-1　Q235A 钢材分组尺寸　　mm

组　别	圆钢、方钢和扁钢的直径或厚度	角钢、工字钢和槽钢的厚度	钢板的厚度
第一组	≤40	≤15	≤20
第二组	>40～100	>15～20	>20～40
第三组	—	>20	>40～50

注：工字钢和槽钢的厚度系指腹板的厚度。

表 3-2　钢材的强度设计值　　N/mm²

钢材			屈服强度	抗剪	面承压(刨平顶紧)
钢号	组别	厚度或直径/mm	R_{eH}	f_v	f_{ce}
Q235	第一组	—	215	125	320
	第二组	—	200	150	320
	第三组	—	190	110	320
16Mn 钢 16Mnq 钢	—	≤16	315	185	445
	—	17～25	300	175	425
	—	26～36	290	170	410

注：Q235 镇静钢钢材的抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度设计值，可按表中的数值增加 5%。

表 3-3　冷弯薄壁型钢钢材的强度设计值　　N/mm²

钢材牌号	屈服强度 R_{eH}	抗剪 f_v	端面承压(磨平顶紧) f_{ce}
Q235 钢	205	120	310
Q345 钢	300	175	400

注：厚度不小于 2.5 mm 的 Q235 镇静钢钢材的抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度设计值可按表中的数值增加 5%。

2. 木材

木材的树种可根据各地区实际情况选用，材质不宜低于Ⅲ等材。有腐朽、折裂、枯节等疵病的木材不得使用。

木材选材时，应根据模板构件受力种类，按表 3-4 选用适当等级的木材。

表 3-4　不同受力木构件材质选择等级

构件受力种类	材质等级
受拉或拉弯构件	Ⅰ等材
受弯或压弯构件	Ⅱ等材
受压构件	Ⅲ等材

常用树种木材的强度设计值和弹性模量应按表 3-5 采用。

表 3-5　木材常用树种的强度设计值和弹性模量　　N/mm²

树种	强度等级	抗弯 f_w	顺纹抗压与承压 f_c	顺纹抗拉 f_t	顺纹抗剪 f_v	横纹承压 $f_{c,90}$			弹性模量 E_1
						全表面	局部表面	拉力螺栓垫板	
东北落叶松	TC17	17	15	9.5	1.6	2.3	3.5	4.6	10 000
铁杉、油杉	TC15	15	13	9	1.6	2.1	3.1	4.2	10 000
鱼鳞云杉 西南云杉			12	9	1.5				

续表 3-5　　N/mm²

树种	强度等级	抗弯 f_w	顺纹抗压与承压 f_c	顺纹抗拉 f_t	顺纹抗剪 f_v	横纹承压 $f_{c,90}$			弹性模量 E_l
						全表面	局部表面	拉力螺栓垫板	
油杉、新疆落叶松、马尾松	TC13	13	12	8.5	1.5	1.9	2.9	3.8	10 000
红皮云杉、丽江云杉、红杉、樟子松			10	8.0	1.4				900
西北云杉、新疆云杉	TC11	11	10	7.5		1.8	2.7	3.6	900
杉木、冷杉			10	7.0					

注：木材树种归类说明见 GB 50005—2003《木结构设计规范》附录五。

木材的强度设计值及弹性模量应符合下列调整规定：

(1) 露天模板结构，强度设计值应乘以 0.9 的折减系数；弹性模量应乘以 0.85 的折减系数。

(2) 按施工荷载考虑，强度设计值乘 1.3 的提高系数。

(3) 当使用原木验算部位未经切削时，强度设计值和弹性模量均应乘以 1.15 的提高系数。

(4) 木材含水率小于 25%时，强度设计值应乘以 1.10 的提高系数。当采用湿材时，各种木材的横纹承压、强度设计值和弹性模量，以及落叶松木材的抗弯强度设计值，乘0.9的折减系数。

(5) 使用有钉孔或各种损伤的旧木材时，强度设计值应根据实际情况予以降低。

(6) 当若干条件同时出现时，上列各系数应连乘。

3. 铝合金型材

建筑模板结构若采用铝合金型材时，应采用纯铝加入锰、镁等合金元素后的铝合金型材。

常用铝合金型材的强度设计值应按表 3-6 执行。

表 3-6　铝合金型材的强度设计值

牌号	材料状态	壁厚/mm	抗拉极限强度 σ_b/(N/mm²)	屈服强度 $\delta_{0.2}$/(N/mm²)	抗拉、抗压、抗弯强度设计值 f_{Lm}/(N/mm²)	抗剪强度设计值 f_{jv}/(N/mm²)	伸长率 δ/%	弹性模量 E_c/(N/mm²)
LD_2	C_Z	所有尺寸	≥180	—	—	—	≥14	1.83×10^5
	C_S		≥280	≥210	140	80	≥12	
LY_{11}	C_Z	≤10.0	≥360	≥220	146	84	≥12	
	C_S	10.1～20.0	≥380	≥230	153	88	≥12	

续表 3-6

牌号	材料状态	壁厚/mm	抗拉极限强度 σ_b/(N/mm²)	屈服强度 $\delta_{0.2}$/(N/mm²)	抗拉、抗压、抗弯强度设计值 f_{Lm}/(N/mm²)	抗剪强度设计值 f_{jv}/(N/mm²)	伸长率 δ/%	弹性模量 E_c/(N/mm²)
LY_{12}	C_Z	≤5.0	≥400	≥300	200	116	≥10	2.14×10^5
		5.1～10.0	≥420	≥300	200	116	≥10	
		10.1～20.0	≥430	≥310	206	119	≥10	
LC_4	C_S	≤10.0	≥510	≥440	293	170	≥6	2.14×10^5
		10.1～20.0	≥540	≥450	300	174	≥6	

注：1. 材料状态代号名称：C_Z—淬火(自然时效)；C_S—淬火(人工时效)。

2. 材料使用前必须具有复检合格报告。

4. 面板材料

面板除采用钢、木外，还可采用胶合板、复合纤维板、塑料板、玻璃钢板等。其中胶合板的应用应符合 GB/T 17656—1999《混凝土模板用胶合板》的有关规定。

(1) 覆面木胶合板的规格和技术性能应符合下列规定：

1) 厚度应采用 12 mm～18 mm 的板材。

2) 其剪切强度应符合下列要求：

不浸泡，不蒸煮：1.4 N/mm²～1.8 N/mm²

室温水浸泡：1.2 N/mm²～1.8 N/mm²

沸水煮 24 h：1.2 N/mm²～1.8 N/mm²

含水率：5%～13%

密度：4.5 kg/m³～8.8 kg/m³

3) 抗弯强度和弹性模量可查表取得。

(2) 复合纤维板的规格和技术性能应符合下列规定。

1) 表面应平整光滑不变形，厚度应采用 12 mm 及以上板材。

2) 技术性能应符合下列要求：

72h 吸水率：<5%

72h 吸水膨胀率：<4%

耐酸碱腐蚀性：在 1%苛性钠中浸泡 24 h，无软化及腐蚀现象。

耐水汽性能：在水蒸汽中喷蒸 24 h，表面无软化及明显膨胀。

3) 抗弯强度和弹性模量可查表取得。

第四节　模板安装的安全技术

一、模板安装的安全技术通用规定

1. 对模板安装施工队进行全面的安全技术交底，施工队应是具有资质的队伍。

2. 选择合格的模板及配件，作业前应认真检查模板、支撑等构件是否符合要求，钢模板有无严重锈蚀或变形，木模板及支撑材质是否合格。

3. 模板安装应按设计和施工说明书循序拼装。

4. 地面上的支模场地必须平整夯实，并同时排除现场的不安全因素。

5. 模板工程作业高度在 2 m 或 2 m 以上时，必须设置安全防护设施。

6. 操作人员登高必须走人行梯道，严禁利用模板支撑攀登上下，不得在墙顶、独立梁及其他高处狭窄而无防护的模板面上行走。

7. 竖向模板和支架支承部分安装在基土上时，应加设垫板，如用钢管时，先加底座，下面再放垫板。垫板应有足够的强度和支承面积，且应中心承载。基土应坚实，并有排水措施。对湿陷性黄土应有防水措施；对特别重要的结构工程可采用混凝土、打桩等措施防止支架柱下沉。对冻胀性土应有防冻融措施。

8. 模板的立柱顶撑必须设牢固的拉杆，不得与门窗等不牢靠的临时物件相连接。模板安装过程中，不得间歇，柱头、搭头、立柱顶撑、拉杆等必须安装牢固成整体后，作业人员才允许离开。

9. 基础及地下工程模板安装，必须检查基坑土壁边坡的稳定状况，基坑上口边沿 1m 以内不得堆放模板及材料。向槽(坑)内运送模板构件时，严禁抛掷。使用溜槽或起重机械运送，下方操作人员必须远离危险区域。

10. 组装立柱模板时，四周必须设牢固支撑，如柱模在 6 m 以上，应将几个柱模连成整体。支设独立梁模应搭设临时操作平台，不得站在柱模上操作和在主梁底模上行走及立侧模。

11. 模板安装作业高度超过 2 m 时，必须搭设脚手架或操作平台。

12. 拼装高度为 2 m 以上的竖向模板，不得站在下层模板上拼装上层模板。安装过程中应设置足够的临时固定设施。

13. 模板及其支架在安装过程中，必须设置有效防倾覆的临时固定设施。

14. 模板安装时，上下应有人接应，随装随运，严禁抛掷。且不得将模板支搭在门窗框上，也不得将脚手架板支搭在模板上，并严禁将模板与井字架、脚手架或操作平台连成一体。

15. 现浇钢筋混凝土梁、板，当跨度大于 4 m 时，模板应起拱；当设计无具体要求时，起拱高度宜为全跨长度的 1/1 000～3/1 000。

16. 当层间高度大于 5 m 时，宜选用桁架支模或多层支架支模。当采用多层支架支模时，支架的横垫板应平整，支柱应垂直，上下层支柱应在同一竖向中心线上，且其支柱不得超过二层，并必须待下层形成整体空向后，方允许支安上层支架。

17. 当支撑成一定角度倾斜，或其支撑的表面倾斜时，应采取可靠措施确保支点稳定，支撑底脚必须有防滑移的措施。

18. 除设计另有规定外，所有垂直支架柱应保证其垂直。其垂直允许偏差，当层高不大于 5 m 时为 6 mm，当层高大于 5 m 时为 8 mm。

19. 已安装好的模板上的实际荷载不得超过设计值。已承受荷载的支架和附件，不得随意拆除或移动。

20. 现浇多层或高层房屋或构筑物，安装上层模板及支架时应符合下列规定：

(1) 下层模板应具有承受上层荷载的承载能力或加设支架支撑。

(2) 上层支架立柱应对准下层支柱立柱，并于立柱底铺设垫板。

(3) 当采用悬臂吊模板、桁架支模方法时，其支撑结构的承载能力和刚度必须符合要求。

21. 组合钢模板、大模板、滑升模板等的安装，除应符合上述要求外，还应符合国家标准 GB 50214—2001《组合钢模板技术规范》、JG 20—1984《大模板多层住宅结构设计与施工规程》和 GB 50113—2005《滑动模板工程技术规范》的相应规定。

22. 在五级风及以上天气条件下应停止一切模板的安装吊运工作。

二、各类模板安装安全技术要求

1. 梁式或桁架式支架安装安全技术要求

(1) 采用伸缩式桁架时，其搭接长度不得小于 500 mm，上下弦连接销钉规格、数量应符合设计规定，但不得少于两个 U 形卡或钢销钉销紧，卡距或销距不得小于 400 mm。

(2) 安装的梁式或桁架式支架的间距设置应与模板设计图一致。

(3) 支承梁式或桁架式支架的结构应具有足够强度，否则，应另设立柱支撑。

(4) 若桁架采用多榀成组排放，在下弦折角处必须加设用木条锯口卡住的水平撑。

2. 单立柱支撑安装的安全技术要求

(1) 工具式钢管单立柱支撑的间距应符合支撑设计的规定，立柱不得接长使用。所有夹具、螺栓、销子和其他配件都应处在闭合或拧紧的状态。

(2) 木立柱宜选用整料，当不能满足要求时，立柱的接头不宜超过两个，并应采用对接夹板接头方式。立柱底部可采用垫铁块垫高，但不得采用砖块垫高。

(3) 立柱支撑群或称满堂架应沿纵、横向设水平拉杆，其间距按设计规定；在立杆上、下两端 20 cm 处设置纵、横向扫地杆；架体外侧每隔 6 m 设置一道剪刀撑，并沿竖向连续设置，剪刀撑与地面的夹角应为 45°～60°。当楼层高超过 10 m 时，尚应设置水平方向剪刀撑。拉杆和剪刀撑必须与立柱牢固连接。

(4) 单立柱支撑的所有底座或支撑顶端都应与底座和顶部模板紧密接触，支撑头不得承受偏心荷载。

(5) 采用对角楔木进行支撑高度调整时，楔木与垫木应接触紧密，并应用铁钉固定牢靠。

3. 扣件式钢管脚手架立柱支撑安装的安全技术要求

(1) 钢管规格、间距、扣件应符合设计要求。每根立杆底部应设置底座及垫板。

(2) 立杆必须设置纵横向扫地杆，纵上横下。用直角扣件在离地 200 mm 处与立杆扣牢。

(3) 立杆接长必须采用对接扣件连接，且相邻两立杆的对接接头不得在同步内，而隔一根立杆的对接接头沿竖向错开的距离不宜小于 500 mm，各接头中心距主节点不宜大于步距的 1/3。搭接接头的长度不应小于 1 m，且应采用不小于两个旋转扣件固定，端部扣件盖板边缘至杆端不应小于 100 mm。

(4) 扣件式钢管脚手架作组合式格构柱使用时，主立杆间距不得大于 1 m，纵横杆步距不应大于 1.2 m，且柱的每一边应于两横杆间加设斜杆。

4. 门式钢管脚手架支撑安装的安全技术要求

(1) 门架的跨距和间距应按设计规定布置，但间距宜小于 1.2 m；支撑架底部垫木上设固定底座或可调底座。

(2) 门架支撑可沿梁轴线垂直和平行布置，当垂直布置时，在两门架间的两侧应设置交叉支撑；当平行布置时，在两门架间的两侧亦应设置交叉支撑，交叉支撑应与主杆上的锁销锁牢，上下门架的组装连接必须设置连接棒及锁臂。

(3) 门架支撑宽度为 4 个及以上跨或 5 个间距及以上时，应在周边底层、顶层、中间每 5 列、5 排于每榀门架立杆根部设 ϕ48 mm×3.5 mm 通长水平加固杆，并应用扣件与门架立杆扣牢。

(4) 门架支撑高度超过 10 m 时，应在外侧周边和内部每隔 15 m 间距设置剪刀撑，剪刀撑不应大于 4 个间距，与水平夹角应为 45°～60°，沿竖向应连续设置，并用扣件与门架立杆扣牢。

(5) 顶部操作层应采用挂扣式脚手板。

5. 悬挑结构立柱支撑安装的安全技术要求

(1) 多层悬挑结构模板的上下立柱应保持在同一条垂线上。

(2) 多层悬挑结构模板的立柱应连续支撑，并不得少于三层。

6. 基础及地下工程模板安装的安全技术要求

(1) 地面以下支模应先检查土壁的稳定情况，当有裂纹及塌方危险迹象时，应采取安全防范措施后，方可作业。当深度超过 2 m 时，应为操作人员设置上下扶梯。

(2) 距基槽(坑)上口边缘 1 m 内不得堆放模板。向基槽(坑)内运料应使用起重机、溜槽或绳索；上、下人员应互相呼应，运下的模板严禁立放于基槽(坑)土壁上。

(3) 斜支撑与侧模的夹角不应小于 45°，支撑在土壁上的斜支撑应加设垫板，底部的对角楔木应与斜支撑连接牢固。

(4) 高大长脖基础若采用分层支模时，其下层模板应经就位校正并支撑稳固后，再进行上一层模板的安装。

(5) 两侧模板间应用水平支撑连成整体。

7. 柱模板安装的安全技术要求

柱模板的安装应符合下列要求：

(1) 现场拼装柱模时，应及时加设临时支撑进行固定，斜撑与地面的倾角宜为 60°，不能将大片模板系于柱子钢筋上。

(2) 四片柱模就位组拼经对角线校正无误后，应立即自下而上安装柱箍。

(3) 若为整体预组合柱模，吊装时应采用卡环和柱模连接，不得用钢筋钩代替。

(4) 柱模校正(用四根斜支撑或用连接在柱模顶四角带花篮螺丝的缆风绳，底端与楼板钢筋拉环固定进行校正)后，应采用斜撑或水平撑进行四周支撑，以确保整体稳定。

(5) 当柱模高度超过 4 m 时，应群体或成列同时支模，并应将支撑连成一体，形成整体框架体系。

(6) 当需单根支模时，柱宽大于 500 mm，应每边在同一标高上不得少于两根斜支撑或水平撑。

(7) 斜撑与地面的夹角为 45°～60°，下端还应有防滑移的措施。

(8) 边、角柱模板的支撑，除满足上述要求外，在模板里面还应于外边对应的点设置既能承拉又能承压的斜撑。

8. 墙模板安装安全技术要求

(1) 用散拼定型模板支模时，应自下而上进行，必须在下一层模板全部紧固后，方准进行上一层安装。当下层不能独立安设支撑件时，应采取临时固定措施。

(2) 采用预拼装的大块墙模板进行支模安装时，严禁同时起吊两块模板，并应边就位、边校正、边连接固定后方可摘钩。

(3) 安装电梯井内墙模前，必须于板底下 200 mm 处满铺一层脚手板。

(4) 模板未安装对拉螺栓前，板面应向后倾一定角度。安装过程应随时拆换支撑或增加支撑，以保证墙模随时处于稳定状态。

(5) 当钢楞需接长时，接头处应增加相同数量和不小于原规格的钢楞，搭接长度不得小于墙模宽或高的 15%～20%。

(6) 拼接时的 U 形卡应正反交替安装，间距不得大于 300 mm；两块模板对接接缝处的 U 形卡应满装。

(7) 对拉螺栓与墙模板应垂直、松紧一致，并能保证墙厚尺寸正确。

(8) 墙模板内外支撑必须坚固、可靠，应确保模板的整体稳定。当墙模板外面无法设置支撑时，应于里面设置能承受拉和压的支撑。多排并列且间距不大的墙模板，当其支撑互成一体时，应有防止浇筑混凝土时引起临近模板变形的措施。

9. 独立梁和整体楼盖梁结构模板安装的安全技术要求

(1) 安装独立梁模板时应设操作平台，高度超过 3.5 m 时，应搭设脚手架并设防护栏。严禁操作人员站在独立梁底模或柱模支架上操作及上下通行。

(2) 底模与横楞应拉结好，横楞与支架、立柱应连接牢固。

(3) 安装梁侧模时，应边安装边与底模连接，侧模多于两块高时，应设临时斜撑。

(4) 起拱应在侧模内外楞连接牢固前进行。

(5) 单片预组合梁模，钢楞与面板的拉结应按设计规定制作，并按设计吊点试吊无误后方可正式吊运安装，待侧模与支架支撑稳定后方准摘钩。

(6) 支架立柱底部基土应按规定处理；单排立柱时，应于单排立柱的两边每隔 3 m 加设斜支撑，且每边不得少于两根，斜支撑与地面的夹角应为 60°。

10. 楼板或平台板模板安装的安全技术要求

(1) 现浇多层或高层房屋或构筑物，安装上层模板及其支架应符合下列要求：

a) 下层楼板应具有承受上层荷载的承载能力或加设支撑。

b) 上层支架立柱对准下层立柱，并于立柱底铺设垫板。

c) 当采用悬臂吊模板、桁架支模方法时，其支撑结构的承载能力和刚度必须符合要求。

(2) 楼板或平台板模板的安装应符合下列要求：

a) 预组合模板采用桁架支模时，桁架与支点连接应牢固可靠，同时桁架支承应采用平直通长的型钢或木方。

b) 预组合模板块较大时，应加钢楞后吊运。当组合模板为错缝拼配时，板下横楞应均匀布置，并应在模板端穿插销。

c) 单块模就位安装，必须待支架搭设稳固，板下横楞与支架连接牢固后进行。

d) U 形卡应按设计规定安装。

11. 现浇整体式模板的安装安全技术要求

(1) 单片柱模吊装时，应采用卸扣和柱模连接，严禁用钢筋钩代替，以避免柱模翻转时脱钩造成事故，待模板立稳后并拉好支撑，方可摘除吊钩。

(2) 支模应按工序进行，模板没有固定前，不得进行下道工序。

(3) 支设 2 m 以上的立柱模板和梁模板时，应搭设工作台，不足 2 m 的，可使用马凳操作，不准站在柱模板上操作，也不准在梁底模上行走，更不允许利用拉杆、支撑上下攀登。

(4) 墙模板在未装对拉螺栓前，板面要向后倾斜一定角度并撑牢，以防倒塌。安装过程中要随时拆换支撑或增加支撑，以保持墙模处于稳定状态。模板未支撑稳固前不得松动吊钩。

(5) 安装墙模板时，应从内、外墙角开始，向相互垂直的两个方向拼装，连接模板的 U 形卡要正反交替安装，同一道墙(梁)的两侧模板应同时组合，以便确保模板安装时的稳定。当墙模板采用分层支模时，第一层模板拼装后，应立即将内外钢楞、穿墙螺栓、斜撑等全部安设紧固稳定。当下层模板不能独立安设支撑件时，必须采取可靠的临时固定措施。否则，严格禁止进行上一层模板的安装。

(6) 用钢管和扣件搭设双排立柱支架支撑梁模时，扣件应拧紧，且应抽查扣件螺栓的扭力矩是否符合规定，不够时可放两个扣件与原扣件靠紧。横杆步距按设计规定，严禁随意增大。

(7) 平板模板安装就位时，要在支架搭设稳固、板下横楞与支架连接牢固后进行。U 形卡要按设计规定安装，以增强整体性，确保模板结构安全。

(8) 当出现五级以上大风天气时，应停止一切室外模板的吊运作业。

12. 滑升模板安装的安全技术要求

(1) 滑升机具和操作平台应严格按照施工设计安装。平台四周要有防护栏杆和安全网，平台板铺设不得留有空隙。施工区或下面应设安全围栏，经常出入的通道要搭设防护棚。

(2) 滑模提升前，若为柔性索道运输时，必须先放下吊笼再放松导索，检查支撑杆有无脱空现象，结构钢筋与操作平台有无挂连，确实证明无误后，方可提升。

(3) 操作平台上，不得多人聚集一处，夜间施工应准备手电筒，以预防晚间停电。

(4) 滑升过程中，要随时调整平台水平、中心的垂直度，以便防止平台扭转和水平位移。

(5) 平台内、外吊脚手架使用前，应全部架设好安全网，并把安全网紧靠筒壁。

(6) 为防止高空坠物伤人，应在底部的 2.5 m 高度处搭设防护棚，防护棚应坚固可靠，上面应铺一层 6 mm～8 mm 厚的钢板。

13. 大模板安装的安全技术要求

(1) 大模板放置时，下面不得压有电线和气焊管线。

(2) 平模叠放运输时，垫木必须上下对齐，绑扎牢固，车上严禁坐人。

(3) 大模板组装或拆除时，指挥、拆除和挂钩人员，必须站在安全可靠的地方方可操作，严禁任何人员随大模板起吊，安装外模板的操作人员应系安全带。

(4) 大模板必须设有操作平台、上下递道、防护栏杆等附属设施。如有损坏应及时修复。大模板安装就位后，为便于浇捣混凝土，两道墙模板平台间应搭设临时走道，严禁在外墙板上行走。

(5) 大模板安装就位后，要采取防止触电的保护措施，应设专人将大模板串联起来，并同避雷网接通，防止漏电伤人。

(6) 当风力达到 5 级时，仅允许吊装 1～2 层模板和构件。风力超过 5 级，应停止吊装。

14. 台模(飞模)安装的安全技术要求

(1) 台模必须经过设计计算，确保其能承受全部施工荷载，并在反复周转使用时能满足强度、刚度和稳定性的要求。

(2) 堆放场地应平整坚定，严防地基下沉引起台模架扭曲变形。

(3) 高而窄的台模架宜加设连杆互相牵牢，防止失稳倾倒。

(4) 装车运输时，应将台模与车辆系牢，严防台模运输时互相碰撞和倾覆。

(5) 组装后及每次安装前，应设专人检查和整修，不符合标准要求的，不得投入使用。

(6) 拆下及移至下一施工段使用时，模架上不得浮搁板块、零配件及其他用具，以防坠落伤人。待就位后，其后端与建筑物作可靠拉结后，方可上人。

(7) 起飞台模用的临时平台，结构必须可靠，支搭必须坚固，平台上应设车轮的制动装置，平台外沿应设护栏，必要时还应设安全网。

(8) 在运动起飞时，严禁有人搭乘。

15. 爬模安装的安全技术要求

(1) 爬模操作人员必须遵守工地的一般安全规定，并配带所规定的劳动保护用品。

(2) 爬架的提升必须在混凝土达到所规定的强度后方可提升，提升时应有专人指挥，且必须满足下列要求：

a) 大模板的穿墙螺栓全部均未松动；

b) 每个爬架必须挂两个倒链(或两个千斤顶)，严禁只用一个倒链(或一个千斤顶)

提升；

c）保险钢丝绳必须拴牢，并设专人检查无误；

d）拆除爬架附墙螺栓前，倒链全部调整到工作状态，然后才能拆除附墙螺栓。

上述条件均已全部具备方可提升。

（3）提升到位后安装附墙螺栓，并按规定垫好垫圈拧紧螺帽，用测力扳手测定达到要求后，方可松掉倒链（或千斤顶）。严禁用塔吊提升爬架。

（4）提升大模板时，其对应模板只能单块提升，严禁两块大模同时提升，且应注意下列事项：

a）大模板必须在悬空的情况下，穿墙螺栓全部拆除；

b）保险钢丝绳必须拴牢，并有专人检查；

c）用多个倒链提升时，应先将各倒链调整到工作状态，方可拆除穿墙螺栓。

（5）大模板提升必须设专人指挥，各个倒链或千斤顶必须同步进行。

16. 其他结构模板安装的安全技术要求

其他结构模板的安装应符合下列要求：

（1）安装圈梁、阳台、雨篷及挑檐等模板时，其支撑应独立设置，不得支搭在施工脚手架上。

（2）安装悬挑结构模板时，应搭设脚手架或悬挑工作台，并应设置防护栏杆和安全网。作业处的下方不得有人通行或停留。

（3）在悬空部位作业时，操作人员应系好安全带。

第五节　模板拆除的安全技术

一、拆除顺序

各类模板拆除的顺序和方法，应根据模板设计的规定进行。如果模板设计无规定时，可按先支的后拆，后支的先拆顺序进行。先拆非承重的模板，后拆承重的模板及支架的顺序进行拆除。

还应注意，拆模时下方不能有人，拆模区应设警戒线，以防有人误入被砸伤。拆除的模板运送时，要上下呼应，不能采取猛撬；用起重机吊运拆除的模板时，应将模板堆码整齐并捆扎牢固。

二、模板拆除的安全技术一般要求

1. 拆模必须满足拆模时所需混凝土强度，经工程技术负责人同意，不得因拆模而影响工程质量。拆模板时混凝土的强度应符合设计要求，当设计无要求时，应符合下列规定：

（1）不承重的侧模板，包括梁、柱、墙的侧模板，只要混凝土强度能保证其表面及棱角不因拆除而受损坏，即可拆除。一般墙体大模板在常温条件下，混凝土强度达到1 N/mm^2即可拆除。

(2) 承重模板，包括梁、板等水平结构构件的底板，应根据与结构同条件养护的试块强度达到规定，方可拆模。

(3) 在拆模过程中，如发现实际结构混凝土强度并未达到要求，有影响结构安全的质量问题时，应暂停拆模，经妥当处理，实际强度达到要求后，方可继续拆模。

(4) 已拆除模板及其支架的混凝土结构，应在混凝土强度达到设计的混凝土强度标准后，才允许承受全部设计的使用荷载。当承受施工荷载的效应比使用荷载更为不利时，必须经过核算，加设临时支撑。

2. 工作前应事先检查所携带的工具是否牢固，扳手等工具必须用绳链系在身上，操作时精力应集中，防止工具从空中滑落。

3. 拆模的顺序和方法，应按照先支后拆、后支先拆的顺序；先拆非承重模板，后拆承重的模板及支撑；在拆除用小钢模板支撑的顶板模板时，严禁将支柱全部拆除后，一次性拉拽拆除。已拆活动的模板，必须一次连续拆除完，方可停歇，严禁留下不安全隐患。

4. 拆除模板一般采用长撬杠，严禁操作人员站在拆除的模板上操作。

5. 拆模作业时，必须设警戒区，严禁下方有人进入。拆模作业人员必须站在平稳牢固可靠的地方，保持自身平衡，不得猛撬，以防失稳坠落。

6. 严禁用吊车直接吊除没有撬松动的模板，吊运大型整体模板时必须拴结牢固，且吊点平衡，吊装、运大钢模时必须用卡环连接，就位后必须拉接牢固方可卸除吊环。

7. 拆除电梯井及大型孔洞模板时，下层必须支搭安全网等可靠防坠落措施。

8. 已拆除的模板、栏杆、支撑应妥善堆放，严防操作人员因扶空、踏空而坠落。

9. 拆除的模板支撑等材料，必须边拆、边清、边运、边码垛。楼层高处拆下的材料，严禁向下抛掷。

10. 遇六级以上大风时，应停止室外的高处拆除作业，遇有雨、雪、霜时应先清扫施工现场，待不滑时再进行工作。

三、各类模板的拆除安全技术

1. 基础拆模的安全技术要求

基坑内拆模，要注意基坑边坡的稳定，特别是拆除模板支撑时，可能使边坡土发生震动而塌方，拆除的模板应及时运到离基坑较远的地方进行清理。

2. 现浇楼盖及框架结构拆模的安全技术要求

一般现浇楼盖及框架结构的拆模顺序如下：拆柱模斜撑与柱箍→拆柱侧模→拆楼板底模→拆梁侧模→拆梁底模。

楼板小钢模的拆除，应设置供拆模人员站立的操作平台或架子，还必须将洞口和临边进行封闭后，才能开始工作，拆除时先拆除钩头螺栓和内外钢楞，然后拆下 U 形卡、L 形插销，再用钢钎轻轻撬动钢模板，用木锤或带胶皮垫的铁锤轻击钢模板，把第一块钢模板拆下，然后将钢模逐块拆除，不得采取猛撬，以致大片塌落的方法拆除。拆下的钢模板不准随意向下抛掷，应逐块传递到地面。

多层楼板模板支柱的拆除，下面应保留几层楼板的支柱，应根据施工进度、混凝土强度增长情况、结构设计荷载与支模荷载的差距通过计算确定。

3. 现浇柱模板拆除的安全技术要求

柱模板拆除顺序如下：拆除斜撑或拉杆（或钢拉条）→自上而下拆除柱箍或横楞→拆除竖楞并由上向下拆除模板连接件、模板面。

4. 滑升模板拆除的安全技术要求

（1）滑升模板的拆除必须遵守 JGJ 80—1991《建筑施工高处作业安全技术规范》和 JGJ 65—1989《液压滑动模板施工安全技术规程》的规定。

（2）滑模装置拆除必须编制详细的施工方案，明确拆除的内容、方法、程序，使用的机械设备、安全措施及指挥人员的职责等，并报上级主管部门审批后方可实施。

（3）滑模装置拆除必须组织专业拆除队伍，指定熟悉该项专业技术的专人负责统一指挥。

参加拆除的作业人员，必须经过技术培训，考核合格方能上岗。不能随意更换作业人员。

（4）在拆除作业前由拆除施工方案编制人向参与拆除作业的全体操作人员进行详细的安全技术交底，并做好交底记录。

（5）拆除中使用的垂直运输设备和机具，必须经检查合格后方准使用。

（6）滑模装置拆除前应检查各支承点埋设件牢固情况，以及作业人员上下走道是否安全可靠，当拆除工作利用施工的结构作为支承点时，结构混凝土强度的要求应经结构验算确定，且不低于 15 N/mm^2。

（7）拆除作业必须在白天进行，宜采用分段整体拆除，运至地面解体。拆除的部件及操作平台上的一切物品，均不得从高空抛下。

（8）当遇到雷雨、雾、雪或风力达到五级以上的天气时，不得进行滑模拆除作业。

（9）高大类构筑物宜在顶端设置安全行走平台。

5. 大模板拆除的安全技术要求

大模板拆除顺序与模板组装顺序相反，大模板拆除后停放的位置，无论是短期停放还是长期停放，一定要支撑牢固，采取防倾倒的措施。

（1）大模板拆除后，起吊前必须认真检查固定件是否全部拆除。

（2）起吊时应先稍微移动一下，以确认无误后，方允许正式起吊。

（3）大模板的外模板拆除前，要用起重机事先吊好，然后才准拆除悬挂扁担及固定件。

（4）拆除大模板过程中应注意不损坏混凝土墙体。

6. 飞模拆除的安全技术要求

（1）拆飞模必须有专人统一指挥，升降飞模要同步进行。

（2）当不采用专用的悬挑起飞平台时，结构边沿的地滚轮一定要比里边高出1 cm～2 cm，以免飞模自动滑出。并将飞模的重心位置用红油漆标在飞模侧面明显位置，飞模挂钩前，严格控制其重心不能到达外边沿第一个滚轮，以免飞模外倾。

（3）飞模尾部要绑安全绳，安全绳的另一端绕套在施工结构坚固的物体上，徐徐放松。

（4）信号工与司索人员必须经过专门培训，上下两个信号工责任要分清，一人在下层

负责指挥飞模的推出、打掩、挂安全绳、挂钩起吊工作；另一人在上层负责电动倒链的吊绳调整，以保证飞模在推出过程中一直处于平衡状态，而且吊绳逐步调整到使飞模保持与水平面基本平行，并负责指挥飞模的就位与摘钩，信号工及司索人员要系好安全带，不得穿塑料底及其他硬底鞋，以防滑倒出事故。司索人员挂好钩立即离开飞模，信号工必须待操作人员全部撤离出飞模方可指挥起吊。

(5) 飞模吊装挂钩，必须采用卡环将飞模的吊环与吊绳绳扣卡牢的方法，以保证不脱钩。

(6) 五级以上大风天气，禁止吊装飞模。

(7) 飞模飞出后，楼层外边缘立即绑好护身栏。飞模每使用一次，必须逐个检查螺栓，发现有松动现象，立即拧紧。

第四章　危险作业安全生产技术

大中型火电建设项目中的危险作业主要指：建筑物施工的高处作业、脚手架搭设（特别是烟囱、冷却塔）工程中的高处作业、安装工程（包括锅炉、汽机、除尘器等）施工中的高处作业和临边与洞口作业、攀登与悬空作业、操作平台与交叉作业、高处作业设施的验收以及安全网、安全帽、安全带的使用等。

本章依据 GB/T 3608—1993《高处作业分级》、JGJ 80—1991《建筑施工高处作业安全技术规范》的要求，就高处作业、临边与洞口作业、攀登与悬空作业、操作平台与交叉作业、高处作业设施的验收以及安全网、安全帽、安全带的安全生产技术进行了详细的介绍。

第一节　高处作业概述

一、高处作业的定义

按照 GB/T 3608—1993《高处作业分级》："凡在坠落高度基准面 2 m 以上（含 2 m）有可能坠落的高处进行的作业，均称为高处作业。"其含义有两个：一是相对概念，可能坠落的底面高度大于或等于 2 m；也就是说不论在单层、多层或高层建筑物作业，即使是在平地，只要作业处的侧面有可能导致人员坠落的坑、井、洞或空间，其高度达到 2 m 及其以上，就属于高处作业；二是高低差距标准定为 2 m，因为一般情况下，当人在 2 m 以上的高度坠落时，就很可能会造成重伤、残废或甚至死亡。因此，对高处作业的安全技术措施在开工以前就须特别留意以下有关事项：

（1）技术措施及所需料具要完整地列入施工计划；

（2）进行技术教育和现场技术交底；

（3）所有安全标志、工具和设备等，在施工前逐一检查；

（4）做好对高处作业人员的培训考核等。

二、高处作业的分级和分类

1. 高处作业的分级

高处作业的级别可分为四级，即高处作业在 2 m～5 m 时，为一级高处作业；在 5 m～15 m时，为二级高处作业；在 15 m～30 m 时，为三级高处作业；在大于 30 m 时，为特级高处作业。

2. 高处作业的分类

高处作业又分为一般高处作业和特殊高处作业两种，其中特殊高处作业又分为八类。它们分别是：

(1) 在阵风风力六级(风速 10.8 m/s)以上的情况下进行的高处作业,称为强风高处作业;

(2) 在高温或低温环境下进行的高处作业,称为异温高处作业;

(3) 降雪时进行的高处作业,称为雪天高处作业;

(4) 降雨时进行的高处作业,称为雨天高处作业;

(5) 室外完全采用人工照明时进行的高处作业,称为夜间高处作业;

(6) 在接近或接触带电体条件下进行的高处作业,称为带电高处作业;

(7) 在无立足点或无牢靠立足点的条件下进行的高处作业,称为悬空高处作业;

(8) 对突然发生的和各灾害事故进行抢救的高处作业,称为抢救高处作业。

一般高处作业是指除特殊高处作业以外的高处作业。

三、高处作业的标记

在施工现场进行高处作业时,一般应用高处作业标记,标记应写明级别和种类,对特殊高处作业作标记时,写明级别和类别,种类可省略不写。例:三级,一般高处作业;一级,强风高处作业;二级,悬空高处作业。

四、高处作业的安全防护技术措施

1. 高处作业前应检查其使用的脚手架、平台、梯子、防护围栏、挡脚板、安全带和安全网等是否牢固、可靠。

2. 施工前,应编制施工组织设计或施工方案,并逐级进行安全技术教育及交底,落实所有安全技术措施和人身防护用品,未经落实时不得进行施工。

3. 高处作业中的安全标志、工具、仪表、电气设施和各种设备,必须在施工前加以检查,确认其完好,方能投入使用。

4. 攀登和悬空高处作业人员及搭设高处作业安全设施的人员,必须经过专业技术培训及专业考试合格,持证上岗,并必须定期进行体格检查。

5. 施工单位应按类别、有计划地将各类安全警示标志悬挂于施工现场各相应部位,夜间应设红灯示警。

6. 施工中对高处作业的安全技术设施,发现有缺陷和隐患时,必须及时解决;危及人身安全时,必须停止作业。

7. 高处作业应设置可靠扶梯,作业人员应沿扶梯上下,不得沿着立杆与栏杆攀登。

8. 施工作业场所所有有坠落可能的物件,应一律先行撤除或加以固定。

高处作业中所用的物料,均应堆放平稳,不妨碍通行和装卸。工具应随手放入工具袋;作业中的走道、通道板和登高用具,应随时清扫干净;拆卸下的物件及余料和废料均应及时清理运走,不得任意乱置或向下丢弃。传递物件禁止抛掷。

9. 雨天和雪天进行高处作业时,必须采取可靠的防滑、防寒和防冻措施。凡水、冰、霜、雪均应及时清除。

对进行高处作业的高耸建筑物,应事先设置避雷设施。遇有六级以上强风、浓雾等恶劣气候,不得进行露天攀登与悬空高处作业。暴风雪及台风、暴雨后,应对高处作业安全

设施逐一进行检查，发现有松动、变形、损坏或脱落等现象，应立即修理完善。

10. 因作业必需，临时拆除或变动安全防护设施时，须经施工负责人同意，并采取相应的可靠措施，作业后应立即恢复。

11. 防护棚搭建及拆除时，应设警戒区，并应派人监护。严禁上下同时拆除。

12. 高处作业安全设施的主要受力杆件，力学计算按一般结构力学公式，强度及挠度计算按现行有关规范进行，但钢受弯构件的强度计算不考虑塑性影响，构造上应符合现行的相应规范的要求。

第二节　临边作业和洞口作业

在大中型火电建设项目施工中，施工人员大部分时间处在未完成的建筑物的各层各部位或构件的边缘或洞口处作业，如果稍微不加注意，往往发生各种事故。边缘地带，有的是一条边线，有的是环绕一个洞口，这种状态称为临边、洞口。临边与洞口的安全施工一般须注意三个问题：

(1) 临边与洞口处在施工过程中是极易发生坠落事故的场合；

(2) 必须明确哪些场合属于规定的临边与洞口，这些地方不得缺少安全防护设施；

(3) 必须严格遵守防护规定。

一、临边防护及安全技术要求

在大中型火电建设项目施工现场，当作业面的边沿无围护设施，或者高处作业中工作面的边沿设有维护设施，但维护设施的高度低于 80cm 时，使人与物有各种坠落可能的高处作业属于临边作业。例如在沟、坑、槽边、深基基础周边、楼层周边梯段侧边、平台或阳台边、屋面周边等地方施工，还有挖坑、挖地沟、挖地槽的地面工程，这些都称为临边施工。在进行临边作业时设置的安全防护设施主要为防护栏杆和密目式安全立网。

临边作业安全技术要求：

1. 对于不同的临边作业，采取的防护措施也不一样。

临边作业的防护主要是设置防护栏杆，并有其他防护措施，但设置防护栏杆是临边防护所采取的主要方式，其设置应符合下列规定：

(1) 基坑周边，尚未安装栏杆或栏板的阳台、料台与挑平台周边，雨篷与挑檐边，无外脚手的屋面与楼层周边及水箱与水塔周边等处，都必须设置防护栏杆。

(2) 头层墙高度超过 3.2 m 的二层楼面周边，以及无外脚手的高度超过 3.2 m 的楼层周边，必须在外围架设安全平网一道。

(3) 分层施工的楼梯口和梯段边，必须安装临时护栏。顶层楼梯口应随工程结构进度安装正式防护栏杆或者临时栏杆；梯段旁边亦应设置两道扶手，作为临时护栏。

(4) 垂直运输设备如井架、施工用电梯和脚手架等与建筑物相连接的通道的两侧边，必须设防护栏杆。栏杆的下部还必须加设挡脚板，挡脚竹笆或者金属网片。地面通道上部应装设安全防护棚。双笼井架通道中间，应予分隔封闭。

(5) 各种垂直运输接料平台，除两侧设防护栏杆外，平台口还应设置安全门或活动防

护栏杆。

2. 各种临边防护栏杆杆件的规格及连接要求，应符合下列规定：

(1) 用毛竹时，横杆小头 直径不应小于 70 mm，栏杆柱小头直径应不小于 80 mm，并用 14 号镀锌钢丝绑扎 3 圈，不得有过紧、过松或滑移现象产生。

(2) 用原木横杆时，上杆梢径不应小于 70 mm，下杆梢径不应小于 60 mm，栏杆柱梢直径不应小于 75 mm，并用 10 号的镀锌钢丝两股进行绑扎，同时拧紧的程度亦应适当。

(3) 用钢筋时，上横杆直径不应小于 16 mm，下横杆直径不应小于 14 mm，栏杆柱直径不应小于 18 mm，采用电焊或镀锌钢丝绑扎固定。

(4) 钢管横杆及栏杆柱均采用 ϕ 48×(2.75～3.5)mm 的管材，以扣件或电焊固定。

(5) 以其他钢材如角钢等作防护栏杆杆件时，应选用强度相当的规格，其材质应符合 Q235，以电焊固定。

3. 临边防护栏杆搭设的要求

临边防护用的栏杆是由栏杆柱和上下两道横杆组成，上横杆称为扶手。栏杆的材料应按规范标准的要求选择，选材时除需满足力学条件外，其规格尺寸和联结方式还应符合构造上的要求，应紧密而不动摇，能够承受可能的突然冲击，阻挡人员在可能状态下的下跌和防止物料的坠落，还要有一定的耐久性。

搭设临边防护栏杆时，必须符合下列要求：

(1) 搭设临边防护栏杆时，横栏离地高度上杆 1.0 m～1.2 m，下杆 0.5 m～0.6 m，即位于中间。坡度大于 1∶2.2 的屋面，防护栏杆应高于 1.5 m，并加挂密目式安全立网。除经设计计算外，横杆长度大于 2 m 时，必须加设栏杆柱。

(2) 栏杆柱的固定应符合下列要求：

a) 当在基坑四周固定时，可采用钢管并打入地面 500 mm～700 mm 深。钢管离边口的距离，不应小于 500 mm。当基坑周边采用板桩时，钢管可打在板桩外侧。

b) 当在混凝土楼面、屋面或墙面固定时，可用预埋件与钢管或钢筋焊牢。采用竹、木栏杆时，可在预埋件上焊接 300 mm 长的 L50×5 角钢，其上下各钻一孔，然后用 10 mm 螺栓与竹、木杆件拴牢。

c) 当在砖或砌块等砌体上固定时，可预先砌入规格相适应的(80×6)mm 弯转扁钢作预埋铁的混凝土块，然后用上项方法固定。

(3) 栏杆柱的固定及其与横杆的连接，其整体构造应使防护栏杆在杆上任何处，能经受任何方向的 1 000 N 的外力。当栏杆所处位置有发生人群拥挤、车辆冲击或物件碰撞等可能时，应加大横杆截面或加密柱距。

(4) 防护栏杆必须自上而下用绿色密目式安全立网全封闭，或在栏杆下边设置严密固定的高度不低于 180 mm 的挡脚板或 400 mm 的挡脚笆。扫脚板与挡脚笆上如有孔眼，不应大于 25 mm。板与笆下边距离低面的空隙不应大于 10 mm。

接料平台两侧的栏杆，必须自上而下加挂安全网或满扎竹笆。

(5) 在建工程的外侧周围，如无外脚手架应用密目式安全立网全封闭。如果有外脚手架在脚手架的外侧也要用密目式安全立网全封闭。

二、洞口作业及安全技术要求

在大中型火电建设项目的建筑物或构筑物在施工过程中，常会出现各种预留洞口、通道口、上料口、楼梯口、电梯井口，在其附近工作，并有坠落危险时，称为洞口作业。在水平方向的楼面、屋面、平台等上面短边小于 25 cm(大于 2.5 cm)的称为孔，但也必须覆盖；等于或大于 25 cm 称为洞。在垂直于楼面、地面的垂直面上，则高度小于 75 cm 的称为孔，高度等于或大于 75 cm，宽度大于 45 cm 的均称为洞。凡深度在 2 m 及 2 m 以上的桩孔、人孔、沟槽与管道等孔洞边沿上的高处作业都属于洞口作业范围。如因特殊工序需要而产生使人与物有坠落危险及危及人身安全的各种洞口，都应该按洞口作业加以防护。

洞口作业安全技术要求：

1. 进行洞口作业以及在因工程和工序需要而产生的使人与物有坠落危险或危及人身安全的洞口进行高处作业时，必须按规定设置防护设施。但依洞口类型不同，洞口作业的防护措施，主要有设置防护栏杆、防护门、格栅及架设安全网等多种方式。不同情况下的防护设施，主要有：

(1) 各种板与墙的洞口，必须按其大小和性质分别设置牢固的盖板、防护栏杆、安全网或其他防坠落的防护设施。

(2) 电梯井口，必须根据具体情况设防护栏杆或固定栅门或工具式栅门；电梯井内应每隔两层或最多隔 10 m 设一道安全平网。

(3) 钢管桩、钻孔桩等桩孔上口，杯形、条形基础上口，未填土的坑槽、人孔、槽口，以及天窗、地板门和化粪池等处，均应按洞口防护设置稳固的盖板。

(4) 在施工现场与场地通道附近的各类洞口与深度在 2 m 以上的敞口等处除设置防护设施与安全标志外，夜间还应设红灯示警。

(5) 物料提升机上料口，应装设有联锁装置的安全门，通道口走道板应满铺并固定牢靠，两侧边应设置符合要求的防护栏杆和挡脚板，并用密目式安全网封闭两侧。

2. 洞口根据具体情况采取设防护栏杆、加盖件、张挂安全网与装栅门等措施时，必须符合下列要求：

(1) 楼板、屋面和平台等面上短边尺寸小于 2 cm 但大于 2.5 cm 的孔口，可用竹、木等作盖板，盖住洞口。盖板必须能保持四周搁置均衡，并有固定其位置的措施，防止挪动移位。

(2) 楼板面等处边长为 250 mm～500 mm 的洞口、安装预制构件时的洞口以及缺件临时形成的洞口，可用竹、木等作盖板，盖住洞口。盖板须能保持四周搁置均衡，并有固定其位置的措施。

(3) 边长为 0.5 m～1.5 m 的洞口，必须设置以扣件扣接钢管而成的网格，并在其上满铺竹笆或脚手板。也可采用贯穿于混凝土板内的钢筋构成防护网，钢筋网格间距不得大于 200 mm。

(4) 边长在 150 mm 以上的洞口，四周设防护栏杆，洞口下张设安全平网。

(5) 垃圾井道和烟道，应随楼层的砌筑或安装而消除洞口，或参照预留洞口作防护。

管道井施工时，除按上款办理外，还应加设明显的标志。如有临时性拆移，需经施工

负责人核准，工作完毕后必须恢复防护设施。

(6) 位于车辆行驶道旁的洞口、深沟与管道坑、槽，所加盖板应能承受不小于当地额定卡车后轮有效承载力 2 倍的荷载。

(7) 墙面等处的竖向洞口，凡落地的洞口应加装开关式、工具式或固定式的防护门，门栅网格的间距不应大于 150 mm，也可采用防护栏杆，下设挡脚板(笆)。

(8) 下边沿至楼板或底面低于 800 mm 的窗台等竖向洞口，如侧边落差大于 2 m 时，应加设 1.2 m 高的临时护栏或用密目式安全立网全封闭。

(9) 对邻近的人与物有坠落危险性的其他竖向的孔、洞口，均应予以盖没或加以防护，并有固定其位置的措施。

3. 洞口防护栏杆的杆件及其搭设应符合规范。

第三节　攀登与悬空作业

一、攀登作业及安全技术要求

在施工现场，凡借助于登高用具或登高设施，在攀登条件下进行的高处作业，称之为攀登作业。攀登作业容易发生危险，因此在大中型火电建设项目的施工过程中，各类人员都应在规定的通道内行走，不允许在阳台间与非正规通道作登高或跨越，也不能利用臂架或脚手架杆件于施工设备中进行攀登。

攀登作业安全技术要求：

1. 在施工组织设计中应确定于现场施工的登高和攀登设施，现场登高应借助建筑结构或脚手架上的登高设施，也可采用载人的垂直运输设备，进行攀登作业时可使用梯子或采用其他攀登设施。

2. 柱、梁和行车梁等构件吊装所需的直爬梯及其他登高用拉攀件，应在构件施工图或说明内作出规定。

3. 攀登的用具，结构构造上必须牢固可靠。供人上下的踏板其使用荷载不应大于 1 100 N。当梯面上有特殊作业，重量超过上述荷载时，应按实际情况加以验算。

4. 移动式梯子，均应按现行的国家标准验收其质量。

5. 梯脚底部应坚实，不得垫高使用。梯子的上端应有固定措施。立梯工作角度以 75°±5°为宜，踏板上下间距以 30 cm 为宜，不得有缺档。

6. 梯子如需接长使用，必须有可靠的连接措施，且接头不得超过 1 处。连接后梯梁的强度，不应低于单梯梁的强度。

7. 折梯使用时上部夹角以 35°～45°为宜，铰链必须牢固，并应有可靠的拉撑措施。

8. 固定式直爬梯应用金属材料制成。梯宽不应大于 500 mm，支撑应用不小于L70×6 的角钢，埋设与焊接均必须牢固。梯子顶端的踏棍应与攀登的顶面齐平，并加设 1 m～1.5 m 高的扶手。

使用直爬梯进行攀登作业时，攀登高度以 5 m 为宜。超过 2 m 时，宜加设护笼；超过 8 m 时，必须设置梯间平台。

9. 作业人员应从规定的通道上下，不得在阳台之间等非规定通道进行攀登，也不得任意利用吊车臂架等施工设备进行攀登。

上下梯子时，必须面向梯子，且不得手持器物。

10. 锅炉安装前期的钢柱安装登高时，应使用钢挂梯或设置在钢柱上的爬梯。

钢柱的接柱应使用梯子或操作台。操作台横杆高度，当无电焊防风要求时，其高度不宜小于 1 m；有电焊防风要求时，其高度不宜小于 1.8 m。

11. 登高安装钢梁时，应视钢梁高度，在两端设置挂梯或搭设钢管脚手架。

梁面上需行走时，其一侧的临时护栏横杆可采用钢索，当改用扶手绳时，绳的自然下垂度不应大于 $l/20$，并应控制在 100 mm 以内。

12. 汽机车间钢屋架的安装，应遵守下列规定：

(a) 在屋架上下弦登高操作时，对于三角形屋架应在屋脊处，梯形屋架应在两端，设置攀登时上下的梯架。材料可选用毛竹或原木，踏步间距不应大于 400 mm，毛竹梢径不应小于 70 mm。

(b) 屋架吊装以前，应在上弦设置防护栏杆。

(c) 屋架吊装以前，应预先在下弦挂设安全网。

二、悬空作业及安全技术

悬空高处作业的定义是："在无立足点或无牢靠立足点的条件下，进行的高处作业，统称为悬空高处作业"。因此，悬空作业尚无立足点，必须适当地建立牢靠的立足点，如搭设操作平台、脚手架或吊篮等方可进行施工。这里主要指的是大中型火电建设项目的建筑安装工程施工现场内，从事建筑物和构筑物结构主体和相关装修施工的悬空操作。但不包括机械设备上如吊车上的操作人员。悬空作业主要有以下六大类施工作业：构件吊装与管道安装；模板支撑与拆卸；钢筋绑扎和安装钢骨架；混凝土浇筑；预应力现场张拉；门窗安装作业等。

悬空作业安全技术要求：

1. 悬空作业处应有牢靠的立足处，并必须视具体情况，配置防护栏网、栏杆或其他安全设施。

2. 悬空作业所用的索具、脚手板、吊篮、吊笼、平台等设备，均需经过技术鉴定或验证方可使用。

3. 构件吊装和管道安装的悬空作业，必须遵守下列规定

(1) 汽机车间和锅炉安装的钢结构的吊装，由于无可靠立足点，构件应尽可能在地面组装，将高处作业变为地面作业。同时还要预先搭设好在高处要进行的临时固定、电焊、高强螺栓连接等工序的高空安全设施，并随构件同时上吊就位。拆卸时的安全措施，亦应一并考虑和落实。高空吊装预应力钢筋混凝土屋架、桁架等大型构件前，也应搭设悬空作业中所需的安全设施。

(2) 悬空安装大模板。吊装第一块预制构件、吊装单独的大中型预制构件时，必须站在操作平台上操作。吊装中的大模板和预制构件以及石棉水泥板等屋面板上，严禁站人和行走。

(3) 安装管道时，在管道上站立和行走是十分危险的，它并没有承载施工人员重量的能力，稍不留意就会发生危险。因此，必须有已完结构或操作平台为立足点，严格禁止在管道上行走、站立或停靠。

4. 在大中型火电建设项目的行政办公楼墙体的模板工程、汽机车间墙体的模板工程、冷却塔墙体的模板工程以及烟囱墙体的模板工程的模板支撑和拆卸时的悬空作业，必须遵守下列规定：

(1) 支撑应按规定的作业程序进行，模板未固定前不得进行下一道工序。严禁在连接件和支撑件上攀登上下，并严禁在上下同一垂直面上装、拆模板。结构复杂的模板，装、拆应严格按照施工组织设计的措施进行。

(2) 支设高度在 3 m 以上的柱模板，四周应设斜撑，并应设立操作平台。低于 3 m 的可使用马凳操作。

(3) 支设悬挑形式的模板时，应有稳固的立足点。支设临空构筑物模板时，应搭设支架或脚手架。模板上有预留洞时，应在安装后将洞盖没。混凝土板上拆模后形成的临边或洞口，应按规定进行防护。

拆模高处作业，应配置登高用具或搭设支架。

5. 在大中型火电建设项目的行政办公楼墙体、汽机车间墙体、冷却塔墙体以及烟囱墙体的钢筋绑扎时的悬空作业，必须遵守下列规定：

(1) 绑扎钢筋和安装钢筋骨架时，必须搭设脚手架和马道。

(2) 绑扎圈梁、挑梁、挑檐、外墙和边柱等钢筋时，应搭设操作台架和张挂安全网。

悬空大梁钢筋的绑扎，必须在满铺脚手板的支架或操作平台上操作。

(3) 绑扎立柱和墙体钢筋时，不得站在钢筋骨架上或攀登架上下。3 m 以内的柱钢筋，可在地面或楼面上绑扎，整体竖立。绑扎 3 m 以上的柱钢筋，必须搭设操作平台。

6. 混凝土浇筑时的悬空作业，必须遵守下列规定：

(1) 浇筑离地 20 m 以上框架、过梁、雨篷和小平台时，应设操作平台，不得直接站在模板或支撑件上操作。

(2) 浇筑拱形结构，应自两边拱脚对称地相向进行。浇筑储仓，下口应先行封闭并搭设脚手架以防人员坠落。

(3) 特殊情况下如无可靠的安全设施，必须系好安全带并扣好保险钩，或架设安全网。

7. 在大中型火电建设项目的行政办公楼结构梁、汽机车间结构梁、冷却塔墙体以及烟囱墙体进行预应力张拉的悬空作业时，必须遵守下列规定：

(1) 进行预应力张拉时，应搭设站立操作人员和设置张拉设备用的牢固可靠的脚手架或操作平台。

雨天张拉时，还应架设防雨棚。

(2) 预应力张拉区域应标示明显的安全标志，禁止非操作人员进入；张拉钢筋的两端必须设置挡板。挡板应距所张拉钢筋的端部 1.5 m～2 m，且应高出最上一级张拉钢筋 0.5 m，其宽度应距张拉钢筋两外侧各不小于 1 m。

(3) 孔道灌浆应按预应力张拉安全设施的有关规定进行。

8. 在大中型火电建设项目的行政办公楼、汽机车间进行悬空进行门窗作业时，必须遵守下列规定：

(1) 安装门、窗、油漆及安装玻璃时严禁操作人员站在樘子、阳台栏板上操作。门、窗临时固定，封填材料未达到强度，以及电焊时，严禁手拉门、窗进行攀登。

(2) 在高处外墙安装门、窗，无外脚手时，应张挂安全网。无安全网时，操作人员应系好安全带，其保险钩应挂在操作人员上方的可靠物件上。并设专门人员加以监护，以防脱钩酿成事故。

(3) 进行各项窗口作业时，操作人员的重心应位于室内，不得在窗台上站立，必要时应系好安全带进行操作。

第四节　操作平台与交叉作业

一、操作平台及安全技术要求

在施工现场常搭设各种临时性的操作台或操作架，进行各种砌筑、装修和粉刷等作业，一般来说，可在一定工期内用于承载物料，并在其中进行各种操作的构架式平台，称之为操作平台。操作平台制作前都要由专业技术人员按所用的材料，依照现行的相应规范进行设计，计算书或图纸要编入施工组织设计，要在操作平台上显著位置标明它所允许的荷载值。使用时，操作人员和物料总重量不得超过设计的允许荷载，且要配备专人监护。操作平台应具有必要的强度、刚度和稳定性，使用过程中，不得晃动。操作平台有移动式操作平台和悬挑式操作平台。

移动式操作平台是指可以搬移的用于结构施工、室内装饰和水电安装等的操作平台。

悬挑式操作平台是指可以吊运和搁置于楼层边的用于接送物料和转运模板等的悬挑型式的操作平台，通常采用钢构件制作。

操作平台安全技术要求：

1. 移动式操作平台，必须符合下列规定。

(1) 操作平台应由专业技术人员按现行的相应规范进行设计，计算书及图纸应编入施工组织设计。

(2) 操作平台的面积不应超过 10 m^2，高度不应超过 5 m。还应进行稳定验算，并采取措施减少立柱的长细比。

(3) 装设轮子的移动式操作平台，轮子与平台的接合处应牢固可靠，立柱底端离地面不得超过 80 mm。

(4) 操作平台可采用 ϕ(48～51)mm×3.5 mm 钢管以扣件连接，亦可采用门架式或承插式钢管脚手架部件，按产品使用要求进行组装。平台的次梁，间距不应大于 40 cm；台面应满铺 3 cm 厚的木板或竹笆。

(5) 操作平台四周必须按临边作业要求设置防护栏杆，并应布置登高扶梯。

2. 悬挑式钢平台，必须符合下列规定：

(1) 悬挑式钢平台应按现行的相应规范进行设计，其结构构造应能防止左右晃动，计

算书及图纸应编入施工组织设计。

(2) 悬挑式钢平台的搁置点与上部拉结点，必须位于建筑物上，不得设置在脚手架等施工设备上。

(3) 斜拉杆或钢丝绳，构造上宜两边各设前后两道，两道中的每一道均应作单道受力计算。

(4) 应设置 4 个经过验算的吊环。吊运平台时应使用卡环，不得使吊钩直接钩挂吊环。吊环应用甲类 Q235 沸腾钢制作。

(5) 钢平台安装时，钢丝绳应采用专用的挂钩挂牢，采取其他方式时卡头的卡子不得少于 3 个。建筑物锐角利口周围系钢丝绳处应加衬软垫物，钢平台外口应略高于内口。

(6) 钢平台左右两侧必须装置固定的防护栏杆。

(7) 钢平台吊装，需待横梁支撑点电焊固定，接好钢丝绳，调整完毕，经过检查验收，方可松卸起重吊钩，上下操作。

(8) 钢平台使用时，应有专人进行检查，发现钢丝绳有锈蚀损坏应及时调换，焊缝脱焊应及时修复。

3. 操作平台上应显著地标明容许荷载值。操作平台上人员和物料的总重量，严禁超过设计的容许荷载。应配备专人加以监督。

二、交叉作业及安全技术要求

在施工现场上下不同层次与空间贯通状态下同时进行的高处作业，称为交叉作业。上下立体交叉作业中极易造成坠物伤人。因此，上下不同层次之间，往往上层做结构，下层做装修，结构施工常有重物吊装、堆放或运送。而装修则往往有人员在操作或走动，有时相当频繁。所以前后左右方向必须有一段横向的安全隔离距离。此距离应该大于可能的坠落半径。如果不能达到此安全间隔距离，就应该设置能防止坠落物伤害下方人员的防护层。交叉作业中各有关工种的安全措施，主要有以下几项：

交叉作业安全技术要求：

1. 支模、粉刷、砌墙等各工种进行上下立体交叉作业时，不得在同一垂直方向上操作。下层作业的位置，必须处于依上层高度确定的可能坠落范围半径之外。不符合以上条件时，应设置安全防护层。

2. 钢模板、脚手架等拆除时，下方不得有其他操作人员。

3. 钢模板部件拆除后，临时堆放处离楼层边沿不应小于 1 m，堆放高度不得超过 1 m。楼层边口、通道口、脚手架边缘等处，严禁堆放任何拆下物件。

4. 结构施工自二层起，凡人员进出的通道口(包括井架、施工用电梯的进出通道口)，均应搭设安全防护棚。高度超过 24 m 的层次上的交叉作业，应设双层防护。

5. 由于上方施工可能坠落物件或处于起重机把杆回转范围之内的通道，在其受影响的范围内，必须搭设顶部能防止穿透的双层防护廊。

第五节　高处作业安全防护设施的验收

安全措施的检查与验收是一项非常重要的工作，是“未亡羊而补牢”的措施。安全措施的检查，须按类别、有关规定、逐项查验。凡不合规定的设施，必须修整后方可再行验收。施工期内，除定期抽检外，凡遇恶劣天气，也必须进行相关的检查。需要注意的是，许多高处作业都需张挂安全网，所以对安全网的检查必须特别重视。在JGJ 59—1999《建筑施工安全检查标准》规定从1999年5月1日起，取消在建筑物外围使用挑平网，改为在脚手架外立杆内侧张挂密目式安全网，架体内按规定张设平网。

第六节　安全帽、安全带、安全网

进入施工现场必须戴安全帽，登高作业必须系安全带，在建工程四周必须用密目式安全立网全封闭，这是多年来在建筑施工中对安全生产的规定。建筑工人称安全帽、安全带、安全网为救命“三宝”。目前，这三种防护用品都有产品标准。在使用时，也应选择符合建筑施工要求的产品。

一、安全帽

1. 安全帽的技术要求

当前安全帽的产品种类很多，制作安全帽的材料有塑料、玻璃钢、竹、藤等。无论选择哪个种类的安全帽，其技术要求必须满足下列要求：

(1) 耐冲击。将安全帽在+50℃及-10℃的温度下，或用水浸的三种情况下处理后，将5 kg重的钢锤自1 m高处自由落下，冲击安全帽，最大冲击力不应超过500 kg(5 000 N或5 kN)，因为人体的颈椎只能承受500 kg冲击力，超过时就易受伤害。

(2) 耐穿透。根据安全帽的不同材质可采用在+50℃、-10℃或用水浸三种方法处理后，用3 kg重的钢锥，自安全帽的上方1 m的高处，自由落下，钢锥穿透安全帽，但不能碰到头皮。这就要求，选择的安全帽，在戴帽的情况下，帽衬顶端与帽壳内面的每一侧面的水平距离保持在5 mm～20 mm。

(3) 耐低温性能良好。当在-10℃以下的气温中，帽的耐冲击和耐穿透性能不改变。

(4) 侧向刚性能达到规范要求。

2. 安全帽安全使用要求

(1) 凡进入施工现场的所有人员，都必须配戴安全帽。作业中不得将安全帽脱下，搁置一旁，或当坐垫使用。

(2) 国家标准中规定佩戴安全帽的高度，为帽箍底边至人头顶端(以试验时木质人头模型作代表)的垂直距离为80 mm～90 mm。国家标准对安全帽最主要的要求是能够承受5 000 N的冲击力。

(3) 要正确使用安全帽，要扣好帽带，调整好帽衬间距(一般约40 mm～50 mm)，勿使轻易松脱或颠动摇晃。缺衬缺带或破损的安全帽不准使用。

二、安全带

在大中型火电建设项目施工中的攀登作业、独立悬空作业如搭设脚手架、吊装混凝土构件、钢构件及设备等，都属于高空作业，操作人员都应系安全带。

安全带应选用符合标准要求的合格产品。目前常用的是带单边护胸的。

安全带安全使用要求：

(1) 安全带上的各种部件不得任意拆掉。使用时要高挂低用，防止摆动碰撞，绳子不能打结，钩子要挂在连接环上。当发现有异常时要立即更换，换新绳时要加绳套。使用3 m以上的长绳要加缓冲器。

(2) 在攀登和悬空等作业中，必须佩戴安全带并有牢靠的挂钩设施，严禁只在腰间佩戴安全带，而不在固定的设施上拴挂钩环。

(3) 安全带不使用时要妥善保管，不可接触高温、明火、强酸、强碱或尖锐物体。

(4) 安全带外观有破损或发现异味时，应立即更换。

(5) 安全带使用3～5年即应报废。

使用频繁的绳要经常做外观检查。安全带使用两年以后，使用单位应按购进批量的大小，选择一定比例的数量，作一次抽检，用80 kg的砂袋做自由落体试验，若未破断可继续使用，但抽检的样带应更换新的挂绳才能使用；若试验不合格购进的这批安全带就应报废。

三、安全网

目前，大中型火电建设项目施工所使用的安全网，按形式及其作用可分为平网和立网两种。由于这两种网使用中的受力情况不同，因此它们的规格、尺寸和强度要求等也有所不同。

平网：指其安装平面平行于水平面，主要用来承接人和物的坠落。

立网：指其安装平面垂直于水平面，主要用来阻止人和物的坠落。

1. 安全网的技术要求

安全网的构造和材料。安全网由网体、边绳、系绳和筋绳构成。网体由网绳编结而成，具有菱形或方形的网目。编结物相邻两个绳结之间的距离称为网目尺寸；网体四周边缘上的网绳，称为边绳。安全网的尺寸(公称尺寸)即由边绳的尺寸而定；把安全网固定在支撑物上的绳，称为系绳。此外，凡用于增加安全网强度的绳，则统称为筋绳。

安全网的材料，要求其比重小、强度高、耐磨性好、延伸率大和耐久性较强。此外还应有一定的耐气候性能，受潮受湿后其强度下降不太大。目前，安全网以化学纤维为主要材料。同一张安全网上所有的网绳，都要采用同一材料，所有材料的湿干强力比不得低于75%。通常，多采用维纶和尼龙等合成化纤作网绳。丙纶由于性能不稳定，禁止使用。此外，只要符合国际有关规定的要求，亦可采用棉、麻、棕等植物材料作原料。不论用何种材料，每张安全平网的重量一般不宜超过15 kg，并要能承受800 N的冲击力。

2. 安全网安全使用要求

(1) 网的检查内容包括：网内不得存留建筑垃圾，网下不能堆积物品，网身不能出现

严重变形和磨损，以及是否会受化学品与酸、碱烟雾的污染及电焊火花的烧灼等。

(2) 支撑架不得出现严重变形和磨损，其连接部位不得有松脱现象。网与网之间及网与支撑架之间的连接点亦不允许出现松脱。所有绑拉的绳都不能使其受严重的磨损或有变形。

(3) 网内的坠落物要经常清理，保持网体洁净。还要避免大量焊接或其他火星落入网内，并避免高温或蒸汽环境。当网体受到化学品的污染或网绳嵌入粗砂粒或其他可能引起磨损的异物时，即须进行清洗，洗后使其自然干燥。

(4) 安全网在搬运中不可使用铁钩或带尖刺的工具，以防损伤网绳。网体要存放在仓库或专用场所，并将其分类、分批存放在架子上，不允许随意乱堆。对仓库要求具备通风、遮光、隔热、防潮、避免化学物品的侵蚀等条件。在存放过程中，亦要求对网体作定期检验，发现问题，立即处理，以确保安全。

四、密目式安全网

自 1999 年 5 月 1 日，JGJ 59—1999《建筑施工安全检查评分标准》实施后，P3×6 的大网眼的安全平网就只能在电梯井里、外脚手架的跳板下面、脚手架与墙体间的空隙等处使用。

密目式安全网的规格有两种：ML1.8 m×6 m 或 ML1.5 m×6 m。1.8 m×6 m 的密目网重量大于或等于 3 kg。密目式安全网的目数为在网上任意一处的 10 cm×10 cm=100 cm^2 的面积上，大于 2 000 目。

当前，生产密目式安全网的厂家很多，品种也很多，产品质量也参差不齐，为了能使用合格的密目式安全网，施工单位采购来以后，可以做现场试验，除外观、尺寸、重量、目数等的检查以外，还要做以下两项试验：

1. 贯穿试验。即将 1.8 m×6 m 的安全网与地面成 30°夹角放好，四边拉直固定。在网中心的上方 3 m 的地方，用一根(φ48×3.5)mm 的 5 kg 重的钢管，自由落下(图 4-1)，网不贯穿，即为合格，网贯穿，即为不合格。

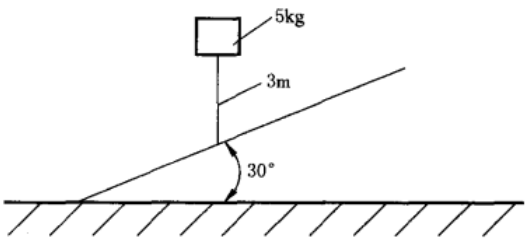


图 4-1 贯穿试验示意图

做贯穿试验必须使用(φ48×3.5)mm 的钢管，并将管口边的毛刺削平。钢管的断面为 3.5 mm 宽的一边道圆环，当 5 kg 重的钢管坠落到与地面成 30°角的安全网上时，其贯穿力只通过钢管上的一小部分断面，作用在网面上，因为面积小贯穿力是很大的。如果选用壁厚的钢管或直径大的钢管，因贯穿时的接触面积大，贯穿力都会减弱。

2. 冲击试验。即将密目式安全网水平放置，四边拉紧固定。在网中心上方 1.5 m 处，用一个 100 kg 重的砂袋自由落下，网边撕裂的长度小于 200 mm，即为合格。

用密目式安全网对在建工程外围及外脚手架的外侧全封闭，就使得施工现场从大网眼的平网作水平防护的敞开式防护，过渡到用栏杆或小网眼立网作防护的半封闭式防护，实现了全封闭式防护。这不仅为工人创造了一个安全的作业环境，也给城市的文明建设

增添一道风景线，这是建筑施工安全生产的一个质的变化，也是安全生产工作的一个飞跃。施工单位一定要选择符合要求的密目式安全防护立网，决不应贪便宜而使用不合格产品。

五、安全帽、安全带、安全网的采购要求

1. 安全帽的采购要求

采购安全帽时应检查安全帽及其包装上是否符合下列规定：

(1) 采购的安全帽必须是经国家指定的监督检验部门按标准进行鉴定、取得生产许可证后生产的产品。

(2) 每顶安全帽必须有检验部门批量验证和生产企业的检验合格证。

(3) 每顶安全帽上都应有以下三项永久性标识：

a) 生产企业的名称及商标、型号；

b) 生产的年、月；

c) 许可证的编号。

(4) 具有特殊要求的安全帽应具备以下标识：

a) 耐低温性能的安全帽，应有“－20℃”、“－30℃”等低温温度标识；

b) 耐燃烧性能的安全帽，应有“R”标识；

c) 有电绝缘性能的安全帽，应有“D”标识；

d) 有侧向刚性要求的安全帽，应有“CG”标识；

2. 安全带的采购要求

采购安全带时，应检查安全带及其包装上是否符合下列规定：

(1) 采购的安全带必须是经国家指定的检验单位鉴定合格的企业生产的产品。

(2) 安全带的金属配件上应打上制造企业的代号。

(3) 安全带的带体上缝上永久性的商标、合格证和验收标识。

(4) 安全绳上应加有色线，以表示生产厂商。

(5) 合格证应注明：产品名称，生产年月，拉力试验 4 412.7 N(450 kg f)，冲击试验 100 kg，制造厂名，检验员姓名等。

(6) 每条安全带装在一个塑料袋内。袋上印有：产品名称，生产年月，静负荷 4 412.7 N (450 kg f)，冲击试验 100 kg，制造厂名称及使用保管说明。

(7) 安全带的箱体上应注明：产品名称，数量，装箱日期，体积及重量，制造厂名和送交单位名。

3. 安全网的采购要求

在安全网采购时应检查及注意以下事项：

(1) 采购的安全带必须是经国家认可的并取得生产许可证后生产的产品。

(2) 安全网的标识应包括：

a) 产品名称及分类标识；

b) 网目边长；

c) 制造厂名、厂址；

d）商标；

e）制造日期(或编号)或生产批号；

f）有效日期；

g）其他按规定必须填写的内容如生产许可证编号等。

(3) 每张安全网应独立包装，内附产品说明书、出厂检验合格证及其安鉴证等。

第五章　施工用电安全技术

在大中型火电建设项目中无论是土建还是安装，无论是施工现场，还是管理办公，甚至临时设施都离不开临时用电。本章依据JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》、GB 3787—1993《手持式电动工具的管理、使用、检查和维修安全技术规程》的要求，就火电建设项目施工现场临时用电的原则、临时用电组织设计的编制、外电线路及电气设备的防护、接地与防雷、配电室及自备电源、配电线路、配电箱及开关箱、照明及手持式电动工具等安全生产技术进行详细的介绍。

第一节　施工现场临时用电的原则

大中型火电建设项目施工现场临时用电的3项基本原则：其一是必须采用三级配电系统；其二是必须采用TN-S接零保护系统；其三是必须采用二级漏电保护系统。

1. TN-S系统

TN-S接零保护系统（简称TN-S系统）是指在施工用电工程中采用电源中性点直接接地的220/380V三相四线制低压电力系统，该系统主要技术特点是：

（1）电力变压器低压侧中性点直接接地，接地电阻值不大于4Ω。

（2）电力变压器低压侧共引出5条线，其中除引出3条分别为黄、绿、红的绝缘线相线（火线）L_1、L_2、L_3（A、B、C）外，尚须于变压器二次侧中性点（N）接地处同时引出2条零线，一条叫做工作零线（浅蓝色绝缘线）（N线），另一条叫做保护零线（PE线）。其中工作零线（N线）与相线（L_1、L_2、L_3）一起作为三相四线制工作线路使用；保护零线（PE线）只作电气设备接零保护使用，即只用于连接电气设备正常情况下不带电的金属外壳、基座等。2种零线（N和PE）不得混用，为防止无意识混用，保护零线（PE线）应采用具有绿/黄双色绝缘标志的绝缘铜线，以与工作零线和相线相区别。同时，为保证接地、接零保护系统可靠，在整个施工现场的PE线上还应作不少于3处的重复接地，且每处接地电阻值不得大于10Ω。

2. 三级配电结构

所谓三级配电是指施工现场从电源进线开始至用电设备中间应经过三级配电装置配送电力，即由总配电箱（配电室内的配电柜）经分配电箱（负荷或若干用电设备相对集中处），到开关箱（用电设备处）分3个层次逐级配送电力。而开关箱作为末级配电装置，与用电设备之间必须实行“一机一闸制”，即每一台用电设备必须有自己专用的控制开关箱，而每一个开关箱只能用于控制一台用电设备。总配电箱、分配电箱内开关电器可设若干分路，且动力与照明宜分路设置。

3. 两级漏电保护

漏电保护装置主要用于防止由于间接接触和由于直接接触引起的单相触电事故，也

用于防止由漏电引起的火灾，以及用于监控或切除各种一相接地故障。

漏电保护装置因其具有足够的灵敏度和快速性，当漏电电流达到定值时自动切断电路，在低压配电线路上是安全用电的有效措施。

两级漏电保护和两道防线包括两个内容，即：一是设置两级漏电保护系统，二是实施专用保护零线(PE 线)，二者组合形成了施工现场的防触电的两道防线。

(1) 两级漏电保护是指在整个施工现场临时用电工程中，总配电箱中必须装设漏电开关，所有开关箱中也必须装设漏电开关。

(2) 保护零线(PE 线)的实施是临时用电的第二道安全防线。

在施工现场用电工程中，采用 TN-S 系统，是在工作零线(N 线)以外又增加了一条保护零线(PE 线)，是十分必要的。当三相火线用电量不均匀时，工作零线(N 线)就容易带电，而 PE 线始终不带电，那么随着 PE 线在施工现场的敷设和漏电保护器的使用，就形成一个覆盖整个施工现场防止人身(间接接触)触电的安全保护系统。因此 TN-S 接地接零保护系统与两级漏电保护系统一起称之为防触电保护系统的两道防线。

第二节　施工现场临时用电组织设计

按照 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》的规定："施工现场临时用电设备在 5 台及以上或设备总容量在 50 kW 及以上者，应编制用电组织设计。"

编制临时用电组织设计的目的是用以指导建造适应施工现场特点和临时用电特性的用电工程，并且指导所建用电工程的正确使用。用电组织设计应由电气工程技术人员组织编写。

1. 施工现场用电组织设计的基本内容

(1) 现场勘测。

(2) 确定电源进线、变电所或配电室、配电装置、用电设备位置及线路走向。

(3) 进行负荷计算。

(4) 选择变压器。

(5) 设计配电系统

a) 设计配电线路，选择导线或电缆；

b) 设计配电装置，选择电器；

c) 设计接地装置；

d) 绘制临时用电工程图纸，主要包括用电工程总平面图、配电装置布置图、配电系统接线图、接地装置设计图。

(6) 设计防雷装置。

(7) 确定防护措施。

(8) 制定安全用电措施和电气防火措施。

临时用电组织设计及变更时，必须履行"编制、审核、批准"程序，由电气工程技术人员组织编制，经相关部门审核及具有法人资格企业的技术负责人批准后实施。临时用电工程必须由临时用电组织设计的编制、审核、批准部门和使用单位共同验收，合格后方可投

入使用。变更临时用电组织设计时应补充有关图纸和资料。

2. 安全技术档案

按照 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》的规定，施工现场临时用电必须建立安全技术档案，并应包括以下 8 个方面的内容，它们是施工现场用电安全管理工作重点的集中体现。

(1) 施工现场临时用电组织设计的全部资料。

(2) 修改施工现场临时用电组织设计资料。

(3) 用电技术交底资料。

(4) 施工现场用电工程检查验收记录。

(5) 电气设备试、检验凭单和调试记录。

(6) 接地电阻、绝缘电阻和漏电保护器漏电动作参数测定记录表。

(7) 定期检(复)查记录。

(8) 电工安装、巡检、维修、拆除工作记录。

第三节　外电线路及电气设备防护安全技术

一、外电线路的防护

1. 在建工程不得在外电架空线路正下方施工、搭设作业棚、建造生活设施或堆放构件、架具、材料及其他杂物等。

2. 在建工程(含脚手架)的周边与外电架空线路的边线之间的最小安全操作距离应符合表 5-1 规定。

表 5-1　在建工程(含脚手架)的周边与外电架空线路的边线之间的最小安全操作距离

外电线路电压等级/kV	<1	1～10	35～110	220	330～500
最小安全操作距离/m	4.0	6.0	8.0	10	15

注：上、下脚手架的斜道不宜设在有外电线路的一侧。

3. 施工现场的机动车道与外电架空线路交叉时，架空线路的最低点与路面的最小垂直距离应符合表 5-2 规定。

表 5-2　施工现场的机动车道与外电架空线路交叉时的最小垂直距离

外电线路电压等级/kV	<1	1～10	35
最小垂直距离/m	4.0	6.0	8.0

4. 起重机严禁越过无防护设施的外电架空线路作业。在外电架空线路附近吊装时，起重机的任何部位或被吊物边缘在最大偏斜时与架空线路边线的最小安全距离应符合表 5-3 规定。

表 5-3 起重机与架空线路边线的最小安全距离

安全距离/m	电压/kV						
	<1	10	35	110	220	330	500
沿垂直方向	1.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.5
沿水平方向	1.5	2.0	3.5	4.0	6.0	7.0	8.5

5. 施工现场开挖沟槽边缘与外电埋地电缆沟槽边缘之间的距离不得小于 0.5 m。

6. 当达不到 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 4.1.2～4.1.4 条中的规定时，必须采取绝缘隔离防护措施，并应悬挂醒目的警告标志。

在架设防护设施前，必须经有关部门批准，采用线路暂时停电或其他可靠的安全技术措施，并应有电气工程技术人员和专职安全人员监护。

防护设施与外电线路之间的安全距离不应小于表 5-4 所列数值。

表 5-4 防护设施与外电线路之间的最小安全距离

外电线路电压等级/kV	≤10	35	110	220	330	500
最小垂直距离/m	1.7	2.0	2.5	4.0	5.0	6.0

防护设施应坚固、稳定，且对外电线路的隔离防护应达到 IP30 级。

7. 当在外电架空线路附近开挖沟槽时，必须会同有关部门采取加固措施，防止外电架空线路电杆倾斜、悬倒。

二、电气设备的防护

1. 施工现场的电气设备现场周边不得存放易燃易爆物、污染源和腐蚀介质，否则应予清除或做防护处置，其防护等级必须与环境条件相适应。

2. 施工现场的电气设备设置场所应能避免物体打击和机械损伤，否则应做防护处置。

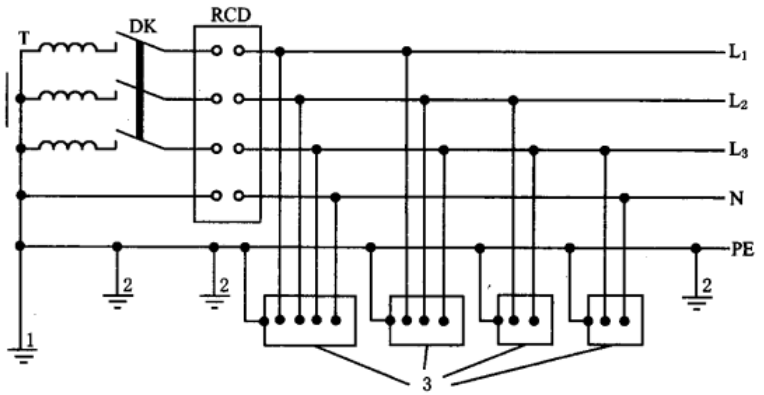
第四节 接地与防雷安全技术

一、一般规定

1. 在施工现场专用变压器供电的 TN-S 接零保护系统中，电气设备的金属外壳必须与保护零线连接。保护零线应由工作接地线、配电室（总配电箱）电源侧零线或总漏电保护器电源侧零线处引出见图 5-1 。

2. 当施工现场与外电线路共用同一供电系统时，电气设备的接地、接零保护应与原系统保持一致。不得一部分设备做保护接零，另一部分设备做保护接地。

采用 TN-S 系统做保护接零时，工作零线（N 线）必须通过总漏电保护器。保护零线（PE 线）必须由电源进线零线重复接地处或总漏电保护器电源侧零线处，引出形成局部 TN-S 接零保护系统见图 5-2。



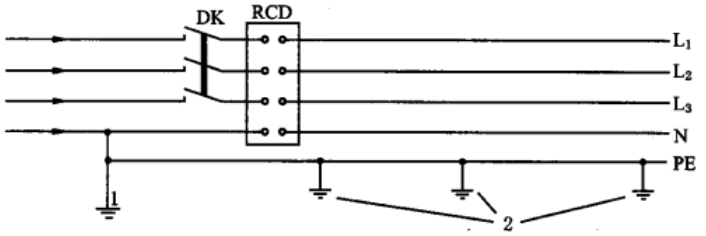
1—工作接地；2—PE线重复接地；3—电气设备金属外壳（正常不带电的外露可导电部分）；L_1、L_2、L_3—相线；N—工作零线；PE—保护零线；DK—总电源隔离开关；RCD—总漏电保护器（兼有短路、过载、漏电保护功能的漏电断路器）；T—变压器

图 5-1　专用变压器供电时 TN-S 接零保护系统示意图

3. 在 TN-S 接零保护系统中，通过总漏电保护器的工作零线与保护零线之间不得再做电气连接。

4. 在 TN-S 接零保护系统中，PE 零线应单独敷设。重复接地线必须与 PE 线相连接，严禁与 N 线相连接。

5. 施工现场的临时用电电力系统严禁利用大地做相线或零线。



1—N、PE线重复接地；2—PE线重复接地；L_1、L_2、L_3—相线；N—工作零线；PE—保护零线；DK—总电源隔离开关；RCD—总漏电保护器（兼有短路、过载、漏电保护功能的漏电断路器）

图 5-2　三相四线供电时局部 TN-S 接零保护系统保护零线引出示意图

6. 保护零线必须采用绝缘导线。

配电装置和电动机械相连接的 PE 线应为截面不小于 2.5 mm^2 的绝缘多股铜线。手持式电动工具的 PE 线应为截面不小于 1.5 mm^2 的绝缘多股铜线。

7. PE 线上严禁装设开关或熔断器，严禁通过工作电流，且严禁断线。

8. 相线、N 线、PE 线的颜色标记必须符合以下规定：相线 L_1（A）、L_2（B）、L_3（C）相序的绝缘颜色依次为黄、绿、红色；N 线的绝缘颜色为淡蓝色；PE 线的绝缘颜色为绿/黄双色。任何情况下上述颜色标记严禁混用和互相代用。

二、保护接零

保护接零是把电气设备正常情况下不带电的金属外壳与电网的零线紧密连接起来。其工作原理是当某相带电部分碰连设备外壳时，通过设备外壳形成该相对零线的单相短

路，短路电流促使线路上的过电流保护装置迅速动作，从而把故障部分断开电源，保护了设备和人身安全。

1. 在 TN-S 系统中，下列电气设备不带电的外露可导电部分应做保护接零：

(1) 电机、变压器、电器、照明器具、手持式电动工具的金属外壳；

(2) 电气设备传动装置的金属部件；

(3) 配电柜与控制柜的金属框架；

(4) 配电装置的金属箱体、框架及靠近带电部分的金属围栏和金属门；

(5) 电力线路的金属保护管、敷线的钢索、起重机的底座和轨道、滑升模板金属操作平台等；

(6) 安装在电力线路杆(塔)上的开关、电容器等电气装置的金属外壳及支架。

2. 城防、人防、隧道等潮湿或条件特别恶劣施工现场的电气设备必须采用保护接零。

3. 在 TN-S 系统中，下列电气设备不带电的外露可导电部分，可不做保护接零：

(1) 在木质、沥青等不良导电地坪的干燥房间内，交流电压 380 V 及以下的电气装置金属外壳(当维修人员可能同时触及电气设备金属外壳和接地金属物件时除外)；

(2) 安装在配电柜、控制柜金属框架和配电箱的金属箱体上，且与其可靠电气连接的电气测量仪表、电流互感器、电器的金属外壳。

三、接地与接地电阻

1. TN-S 系统中的保护零线除必须在配电室或总配电箱处做重复接地外，还必须在配电系统的中间处和末端处做重复接地。

在 TN-S 系统中，保护零线每一处重复接地装置的接地电阻值不应大于 10Ω。在工作接地电阻值允许达到 10Ω 的电力系统中，所有重复接地的等效电阻值不应大于 10Ω。

2. 在 TN-S 系统中，严禁将单独敷设的工作零线再做重复接地。

3. 施工现场的每一接地装置的接地线应采用 2 根及以上导体，在不同点与接地体做电气连接。

四、防雷

1. 施工现场内的起重机、井字架、龙门架等机械设备，以及钢脚手架和正在施工的在建工程等的金属结构，当在相邻建筑物、构筑物等设施的防雷装置(接闪器)的保护范围以外时，应按表 5-5 规定安装防雷装置。地区年均雷暴日(d)应按 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》附录 A 执行。

表 5-5 施工现场内机械设备及高架设施需安装防雷装置的规定

地区年平均雷暴日/d	机械设备高度/m
≤15	≥50
>15，<40	≥32
≥40，<90	≥20
≥90 及雷害特别严重地区	≥12

2. 当最高机械设备上避雷针(接闪器)的保护范围能覆盖其他设备,且又最后退出现场,则其他设备可不设防雷装置。

3. 确定防雷装置接闪器的保护范围可采用JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》附录B的滚球法。

4. 机械设备或设施的防雷引下线可利用该设备或设施的金属结构体,但应保证其电气连接。

5. 机械设备上的避雷针(接闪器)长度应为1 m～2 m。塔式起重机可不另设避雷针(接闪器)。

6. 安装避雷针(接闪器)的机械设备,所有固定的动力、控制、照明、信号及通信线路,宜采用钢管敷设。钢管与该机械设备的金属结构体应做电气连接。

7. 施工现场内所有防雷装置的冲击接地电阻值不得大于30Ω。

8. 做防雷接地机械上的电气设备,所连接的PE线必须同时做重复接地。同一台机械电气设备的重复接地和机械的防雷接地可共用同一接地体,但接地电阻应符合重复接地电阻值的要求。

第五节　配电室及自备电源安全技术

一、配电室

1. 施工现场的配电室应靠近电源,并应设在灰尘少、潮气少、振动小、无腐蚀介质、无易燃易爆物及道路畅通的地方。

2. 施工现场的配电室内成列的配电柜和控制柜两端应与重复接地线及保护零线做电气连接。

3. 施工现场的配电室和控制室应能自然通风,并应采取有防止雨雪侵入和动物进入的措施。

4. 施工现场的配电室布置应符合下列要求:

(1) 配电柜正面的操作通道宽度,单列布置或双列背对背布置应不小于1.5 m,双列面对面布置应不小于2 m;

(2) 配电柜后面的维护通道宽度,单列布置或双列面对面布置应不小于0.8 m,双列背对背布置应不小于1.5 m,个别地点有建筑物结构凸出的地方,则此处通道宽度可减少0.2 m;

(3) 配电柜侧面的维护通道宽度应不小于1 m;

(4) 配电室的顶棚与地面的距离应不低于3 m;

(5) 配电室内设置值班或检修室时,该室边缘距配电柜的水平距离应大于1 m,并采取屏障隔离;

(6) 配电室内的裸母线与地面垂直距离应不小于2.5 m时,采用遮栏隔离,遮栏下面通道的高度应不小于1.9 m;

(7) 配电室围栏上端与其正上方带电部分的净距应不小于0.075 m;

(8) 配电装置的上端距顶棚应不小于 0.5 m;

(9) 配电室内的母线应涂刷有色油漆,以标志相序;以柜正面方向为基准,其涂色符合表 5-6 规定;

表 5-6 母线涂色

相 别	颜 色	垂直排列	水平排列	引下排列
L_1(A)	黄	上	后	左
L_2(B)	绿	中	中	中
L_3(B)	红	下	前	右
N	淡蓝	—	—	—

(10) 配电室的建筑物和构筑物的耐火等级应不低于 3 级,室内应配置砂箱和可用于扑灭电气火灾的灭火器;

(11) 配电室的门应向外开,并配锁;

(12) 配电室的照明应分别设置正常照明和事故照明。

5. 配电柜应装设电度表,并应装设电流、电压表。电流表与计费电度表不得共用一组电流互感器。

6. 配电柜应装设电源隔离开关及短路、过载、漏电保护电器。电源隔离开关分断时应有明显可见分断点。

7. 配电柜应编号,并应有用途标记。

8. 配电柜或配电线路停电维修时。应挂接地线。并应悬挂"禁止合闸、有人工作"停电标志牌。停送电必须由专人负责。

9. 配电室应保持整洁,不得堆放任何妨碍操作、维修的杂物。

二、230/400V 自备发电机组

1. 施工现场的发电机组及其控制、配电、修理室等可分开设置;在保证电气安全距离和满足防火要求情况下可合并设置。

2. 发电机组的排烟管道必须伸出室外。发电机组及其控制、配电室内必须配置可用于扑灭电气火灾的灭火器,严禁存放储油桶。

3. 发电机组电源必须与外电线路电源连锁,严禁并列运行。

4. 发电机组应采用电源中性点直接接地的三相四线制供电系统和独立设置 TN-S 接零保护系统,其工作接地电阻值应符合 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 5.3.1 条要求。

5. 发电机控制屏宜装设下列仪表:

(1) 交流电压表;

(2) 交流电流表;

(3) 有功功率表;

(4) 电度表;

(5) 功率因数表；

(6) 频率表；

(7) 直流电流表。

6. 发电机供电系统应设置电源隔离开关及短路、过载、漏电保护器。电源隔离开关分断时应有明显可见分断点。

7. 发电机组并列运行时，必须装设同步装置，并在机组同步运行后再向负载供电。

第六节　配电线路安全技术

一、架空线路

1. 施工现场架空线必须采用绝缘导线。

2. 架空线必须架设在专用电杆上，严禁架设在树木、脚手架及其他设施上。

3. 施工现场架空线导线截面的选择应符合下列要求：

(1) 导线中的计算负荷电流应不大于其长期连续负荷允许载流量。

(2) 线路末端电压偏移应不大于其额定电压的5%。

(3) 三相四线制线路的N线和PE线截面应不小于相线截面的50%，单相线路的零线截面与相线截面相同。

(4) 按机械强度要求，绝缘铜线截面不小于10 mm^2，绝缘铝线截面不小于16 mm^2。

(5) 在跨越铁路、公路、河流、电力线路档距内，绝缘铜线截面不小于16 mm^2，绝缘铝线截面不小于25 mm^2，且架空线不得有接头。

4. 架空线在一个档距内，每层导线的接头数不得超过该层导线条数的50%，且一条导线应只有一个接头。

5. 架空线路相序排列应符合下列规定：

(1) 动力、照明线在同一横担上架设时，导线相序排列是：面向负荷从左侧起依次为L_1、N、L_2、L_3、PE；

(2) 动力、照明线在2层横担上分别架设时，导线相序排列是：上层横担面向负荷从左侧起依次为L_1、L_2、L_3；下层横担面向负荷从左侧起依次为L_1(L_2、L_3)、N、PE。

6. 架空线路的档距不得大于35 m。

7. 架空线路的线间距不得小于0.3 m，靠近电杆的两导线的间距不得小于0.5 m。

8. 架空线路横担间的最小垂直距离不得小于表5-7所列数值；横担宜采用角钢或方木，低压铁横担角钢应按表5-8选用，方木横担截面应按80 mm×80 mm选用；横担长度应按表5-9选用。

表5-7　横担间的最小垂直距离　　m

排列方式	直线杆	分支或转角杆
高压与低压	1.2	1.0
低压与低压	0.6	0.3

表 5-8 低压铁横担角钢选用

导线截面/mm²	直线杆	分支或转角杆	
		二线及三线	四线及以上
16 25 35	L50×5	2×L50×5	2×L63×5
50 70 95 120	L63×5	2×L63×5	2×L70×6

表 5-9 横担长度选用 m

二 线	三线、四线	五 线
0.7	1.5	1.8

9. 架空线路与邻近线路或固定物的距离应符合表 5-10 的规定。

表 5-10 架空线路与邻近线路或固定物的距离

项目	距离类别						
最小净空距离/m	架空线路的过引线、接下线与邻线		架空线与架空线电杆外缘		架空线与摆动最大时树梢		
	0.13		0.05		0.50		
最小垂直距离/m	架空线同杆架设下方的通信、广播线路	架空线最大弧垂与地面			架空线最大弧垂与暂设工程顶端	架空线与邻近电力线路交叉	
		施工现场	机动车道	铁路轨道		1 kV以下	1 kV～10 kV
	1.0	4.0	6.0	7.5	2.5	1.2	2.5
最小水平距离/m	架空线电杆与路基边缘		架空线电杆与铁路轨道边缘		架空线边线与建筑物凸出部分		
	1.0		杆高(m)+3.0		1.0		

10. 架空线路宜采用钢筋混凝土杆或木杆。钢筋混凝土杆不得有露筋、宽度大于 0.4 mm 的裂纹和扭曲；木杆不得腐朽，其梢径不应小于 140 mm。

11. 电杆埋设深度宜为杆长的 1/10 加 0.6 m，回填土应分层夯实。在松软土质处宜加大埋入深度或采用卡盘等加固。

12. 直线杆和 15°以下的转角杆，可采用单横担单绝缘子，但跨越机动车道时应采用单横担双绝缘子；15°～45°的转角杆应采用双横担双绝缘子；45°以上的转角杆，应采用十字横担。

二、电缆线路

1. 施工现场使用电缆中必须包含全部工作芯线和用作保护零线或保护线的芯线。需要三相四线制配电的电缆线路必须采用五芯电缆。

五芯电缆必须包含淡蓝、绿/黄二种颜色绝缘芯线。淡蓝色芯线必须用作 N 线；绿/黄双色芯线必须用作 PE 线。严禁混用。

2. 电缆截面的选择应符合 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第7.1.3条 1、2、3 款的规定，根据其长期连续负荷允许载流量和允许电压偏移确定。

3. 施工现场电缆敷设应采用埋地或架空，严禁沿地面明设，并应避免机械损伤和介质腐蚀。埋地电缆路径应设方位标志。

4. 电缆类型应根据敷设方式、环境条件选择。埋地敷设宜选用铠装电缆；当选用无铠装电缆时，应能防水、防腐。架空敷设宜选用无铠装电缆。

5. 电缆直接埋地敷设的深度不应小于 0.7 m，并应在电缆紧邻上、下、左、右侧均匀敷设不小于 50 mm 厚的细砂，然后覆盖砖或混凝土板等硬质保护层。

6. 埋地电缆在穿越建筑物、构筑物、道路、易受机械损伤、介质腐蚀场所及引出地面从 2.0 m 高到地下 0.2 m 处，必须加设防护套管，防护套管内径不应小于电缆外径的 1.5 倍。

7. 埋地电缆与其附近外电电缆和管沟的平行间距不得小于 2 m，交叉间距不得小于 1 m。

8. 埋地电缆的接头应设在地面上的接线盒内，接线盒应能防水、防尘、防机械损伤，并应远离易燃、易爆、易腐蚀场所。

9. 架空电缆应沿电杆、支架或墙壁敷设，并采用绝缘子固定，绑扎线必须采用绝缘线，固定点间距应保证电缆能承受自重所带来的荷载，敷设高度应符合 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 7.1 节架空线路敷设高度的要求，但沿墙壁敷设时最大弧垂距地不得小于 2.0 m。

架空电缆严禁沿脚手架、树木或其他设施敷设。

10. 在建工程内的电缆线路必须采用电缆埋地引入，严禁穿越脚手架引入。电缆垂直敷设应充分利用在建工程的竖井、垂直孔洞等，并宜靠近用电负荷中心，固定点每楼层不得少于一处。电缆水平敷设宜沿墙或门口刚性固定，最大弧垂距地不得小于 2.0 m。

装饰装修工程或其他特殊阶段，应补充编制单项施工用电方案。电源线可沿墙角、地面敷设，但应采取防机械损伤和电火措施。

三、室内配线

1. 室内配线必须采用绝缘导线或电缆。

2. 室内配线应根据配线类型采用瓷瓶、瓷(塑料)夹、嵌绝缘槽、穿管或钢索敷设。

潮湿场所或埋地非电缆配线必须穿管敷设，管口和管接头应密封。当采用金属管敷设时，金属管必须做等电位连接，且必须与 PE 线相连接。

3. 室内非埋地明敷主干线距地面高度不得小于 2.5 m。

4. 架空进户线的室外端应采用绝缘子固定，过墙处应穿管保护，距地面高度不得小于 2.5 m，并应采取防雨措施。

5. 室内配线所用导线或电缆的截面应根据用电设备或线路的计算负荷确定，但铜线截面不应小于 1.5 mm^2，铝线截面不应小于 2.5 mm^2。

6. 钢索配线的吊架间距不宜大于 12 m。采用瓷夹固定导线时，导线间距不应小于 35 mm，瓷夹间距不应大于 800 mm；采用瓷瓶固定导线时，导线间距不应小于 100 mm，瓷瓶间距不应大于 1.5 m；采用护套绝缘导线或电缆时，可直接敷设于钢索上。

7. 室内配线必须有短路保护和过载保护，短路保护和过载保护电器与绝缘导线、电缆的选配应符合 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 7.1.17、7.1.18 条要求。对穿管敷设的绝缘导线线路，其短路保护熔断器的熔体额定电流不应大于穿管绝缘导线长期连续负荷允许载流量的 2.5 倍。

第七节　配电箱及开关箱安全技术

一、配电箱及开关箱的设置

1. 施工现场的配电系统应设置配电柜或总配电箱、分配电箱、开关箱，实行三级配电。

配电系统宜使三相负荷平衡。220 V 或 380 V 单相用电设备宜接入 220/380 V 三相四线系统。当单相照明线路电流大于 30 A 时，宜采用 220/380 V 三相四线制供电。

室内配电柜的设置应符合 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 6.1 节的规定。

2. 总配电箱以下可设若干分配电箱；分配电箱以下可设若干开关箱。

总配电箱应设在靠近电源的区域，分配电箱应设在用电设备或负荷相对集中的区域，分配电箱与开关箱的距离不得超过 30 m，开关箱与其控制的固定式用电设备的水平距离不宜超过 3 m。

3. 每台用电设备必须有各自专用的开关箱，严禁用同一个开关箱直接控制 2 台及 2 台以上用电设备（含插座）。

4. 动力配电箱与照明配电箱宜分别设置。当合并设置为同一配电箱时，动力和照明应分路配电；动力开关箱与照明开关箱必须分设。

5. 配电箱、开关箱应装设在干燥、通风及常温场所，不得装设在有严重损伤作用的瓦斯、烟气、潮气及其他有害介质中，亦不得装设在易受外来固体物撞击、强烈振动、液体浸溅及热源烘烤场所。否则，应予清除或做防护处理。

6. 配电箱、开关箱周围应有足够 2 人同时工作的空间和通道，不得堆放任何妨碍操作、维修的物品，不得有灌木、杂草。

7. 配电箱、开关箱应采用冷轧钢板或阻燃绝缘材料制作，钢板厚度应为 1.2 mm～2.0 mm，其中开关箱箱体钢板厚度不得小于 1.2 mm，配电箱箱体钢板厚度不得小于 1.5 mm，箱体表面应做防腐处理。

8. 配电箱、开关箱应装设端正、牢固。固定式配电箱、开关箱的中心点与地面的垂直距离应为 1.4 m～1.6 m。移动式配电箱、开关箱应装设在坚固、稳定的支架上。其中心点与地面的垂直距离宜为 0.8 m～1.6 m。

9. 配电箱、开关箱内的电器(含插座)应先安装在金属或非木质阻燃绝缘电器安装板上，然后方可整体紧固在配电箱、开关箱箱体内。金属电器安装板与金属箱体应做电气连接。

10. 配电箱、开关箱内的电器(含插座)应按其规定位置紧固在电器安装板上，不得歪斜和松动。

11. 配电箱的电器安装板上必须分设 N 线端子板和 PE 线端子板。N 线端子板必须与金属电器安装板绝缘；PE 线端子板必须与金属电器安装板做电气连接。

进出线中的 N 线必须通过 N 线端子板连接；PE 线必须通过 PE 线端子板连接。

12. 配电箱、开关箱内的连接线必须采用铜芯绝缘导线。导线绝缘的颜色标志应按 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 5.1.11 条要求配置并排列整齐。导线分支接头不得采用螺栓压接，应采用焊接并做绝缘包扎，不得有外露带电部分。

13. 配电箱、开关箱的金属箱体、金属电器安装板以及电器正常不带电的金属底座、外壳等必须通过 PE 线端子板与 PE 线做电气连接，金属箱门与金属箱体必须通过采用编织软铜线做电气连接。

14. 配电箱、开关箱的箱体尺寸应与箱内电器的数量和尺寸相适应，箱内电器安装板板面电器安装尺寸可按照表 5-11 确定。

表 5-11　配电箱、开关箱内电器安装尺寸选择值

间　距　名　称	最小净距/mm
并列电器(含单极熔断器)间	30
电器进、出线瓷管(塑胶管)孔与电器边沿间	15A，30 20A～30A，50 60A 及以上，80
上、下排电器进出线瓷管(塑胶管)孔间	25
电器进、出线瓷管(塑胶管)孔至板边	40
电器至板边	40

15. 配电箱、开关箱中导线的进线口和出线口应设在箱体的下底面。

16. 配电箱、开关箱的进、出线口应配置固定线卡，进出线应加绝缘护套并成束卡固在箱体上，不得与箱体直接接触。移动式配电箱、开关箱的进、出线应采用橡皮护套绝缘电缆，不得有接头。

17. 配电箱、开关箱外形结构应能防雨、防尘。

二、电器装置的选择

1. 施工现场配电箱、开关箱内的电器必须可靠、完好，严禁使用破损、不合格的电器。

2. 施工现场总配电箱的电器应具备电源隔离，正常接通与分断电路，以及短路、过

载、漏电保护功能。电器设置应符合下列原则：

(1) 当总路设置总漏电保护器时，还应装设总隔离开关、分路隔离开关以及总断路器、分路断路器或总熔断器、分路熔断器。当所设总漏电保护器是同时具备短路、过载、漏电保护功能的漏电断路器时，可不设总断路器或总熔断器。

(2) 当各分路设置分路漏电保护器时，还应装设总隔离开关、分路隔离开关以及总断路器、分路断路器或总熔断器、分路熔断器。当分路所设漏电保护器是同时具备短路、过载、漏电保护功能的漏电断路器时，可不设分路断路器或分路熔断器。

(3) 隔离开关应设置于电源进线端，应采用分断时具有可见分断点，并能同时断开电源所有极的隔离电器。如采用分断时具有可见分断点的断路器，可不另设隔离开关。

(4) 熔断器应选用具有可靠灭弧分断功能的产品。

(5) 总开关电器的额定值、动作整定值应与分路开关电器的额定值、动作整定值相适应。

3. 总配电箱应装设电压表、总电流表、电度表及其他需要的仪表。专用电能计量仪表的装设应符合当地供用电管理部门的要求。装设电流互感器时，其二次回路必须与保护零线有一个连接点，且严禁断开电路。

4. 分配电箱应装设总隔离开关、分路隔离开关以及总断路器、分路断路器或总熔断器、分路熔断器。其设置和选择应符合 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 8.2.2 条要求。

5. 开关箱必须装设隔离开关、断路器或熔断器，以及漏电保护器。当漏电保护器是同时具有短路、过载、漏电保护功能的漏电断路器时，可不装设断路器或熔断器。隔离开关应采用分断时具有可见分断点，能同时断开电源所有极的隔离电器，并应设置于电源进线端。当断路器具有可见分断点时，可不另设隔离开关。

6. 开关箱中的隔离开关只可直接控制照明电路和容量不大于 3.0 kW 的动力电路，但不应频繁操作。容量大于 3.0 kW 的动力电路应采用断路器控制，操作频繁时还应敷设接触器或其他启动控制装置。

7. 开关箱中各种开关电器的额定值和动作整定值应与其控制用电设备的额定值和特性相适应。通用电动机开关箱中电器的规格可按 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》附录 C 选配。

8. 漏电保护器应装设在总配电箱、开关箱靠近负荷的一侧，且不得用于启动电气设备的操作。

9. 漏电保护器的选择应符合现行国家标准 GB 6829—1995《剩余电流动作保护器的一般要求》和 GB 13955—2005《剩余电流动作保护装置安装和运行》的规定。

10. 开关箱中漏电保护器的额定漏电动作电流不应大于 30 mA，额定漏电动作时间不应大于 0.1 s。

使用于潮湿或有腐蚀介质场所的漏电保护器应采用防溅型产品，其额定漏电动作电流不应大于 15 mA，额定漏电动作时间不应大于 0.1 s。

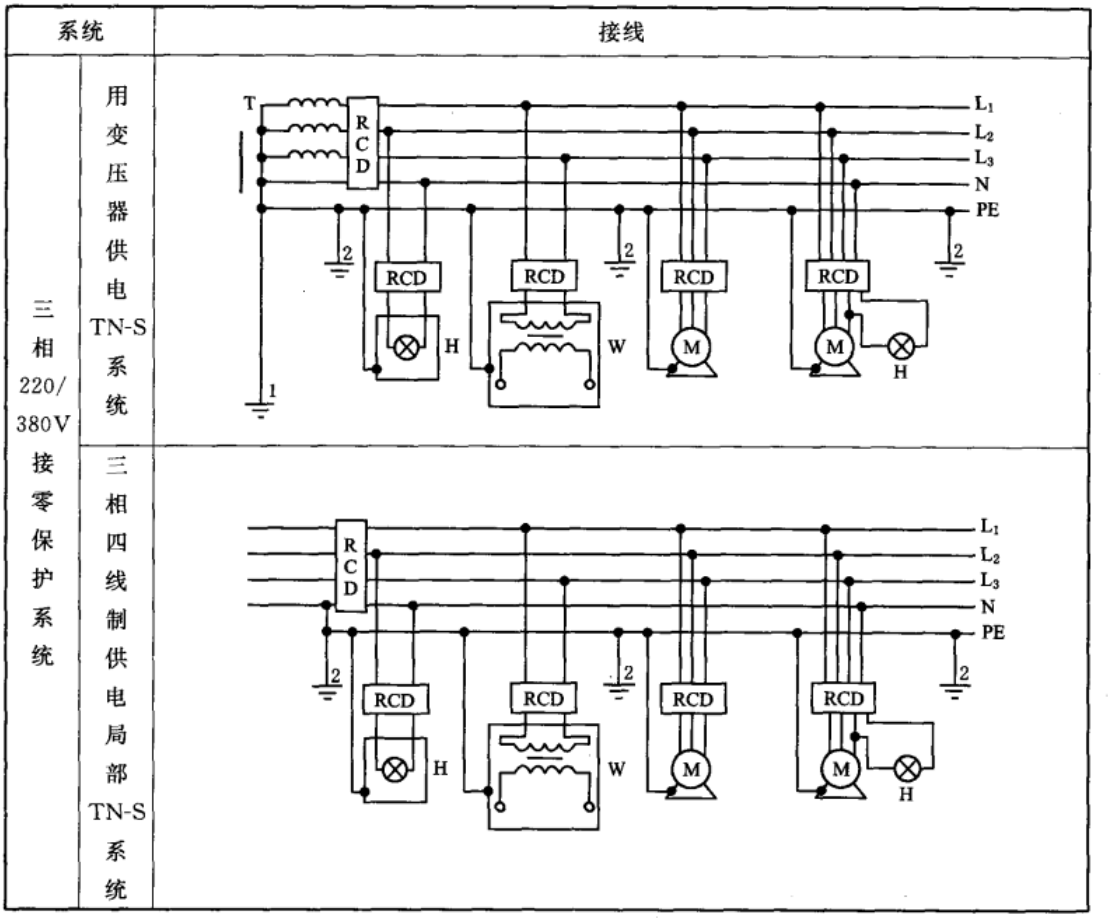
11. 总配电箱中漏电保护器的额定漏电动作电流应大于 30 mA，额定漏电动作时间应大于 0.1 s。但其额定漏电动作电流与额定漏电动作时间的乘积不应大于 30 mA·s。

12. 总配电箱和开关箱中漏电保护器的极数和线数必须与其负荷侧负荷的相数和线数一致。

13. 配电箱、开关箱中的漏电保护器宜选用无辅助电源型(电磁式)产品，或选用辅助电源故障时能自动断开的辅助电源型(电子式)产品。当选用辅助电源故障时不能自动断开的辅助电源型(电子式)产品时，应同时设置缺相保护。

14. 漏电保护器应按产品说明书安装、使用。对搁置已久重新使用或连续使用的漏电保护器应逐月检测其特性，发现问题应及时修理或更换。

漏电保护器的正确使用接线方法应按图 5-3 选用。



L_1、L_2、L_3—相线；N—工作零线；PE—保护零线、保护线；1—工作接地；2—重复接地；T—变压器；RCD—漏电保护器；H—照明器；W—电焊机；M—电动机

图 5-3　漏电保护器使用接线方法示意图

15. 配电箱、开关箱的电源进线端严禁采用插头和插座做活动连接。

三、使用与维护

1. 配电箱、开关箱应有名称、用途、分路标记及系统接线图。

2. 配电箱、开关箱箱门应配锁，并应由专人负责。

3. 配电箱、开关箱应定期检查、维修。检查、维修人员必须是专业电工。检查、维修时必须按规定穿、戴绝缘鞋、手套，必须使用电工绝缘工具，并应做检查、维修工作记录。

4. 对配电箱、开关箱进行定期维修、检查时，必须将其前一级相应的电源隔离开关分闸断电，并悬挂“禁止合闸、有人工作”停电标志牌。严禁带电作业。

5. 配电箱、开关箱必须按照下列顺序操作：

(1) 送电操作顺序为：总配电箱→分配电箱→开关箱；

(2) 停电操作顺序为：开关箱→分配电箱→总配电箱。

但出现电气故障的紧急情况可除外。

6. 施工现场停止作业 1 h 以上时，应将动力开关箱断电上锁。

7. 开关箱的操作人员必须符合 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 3.2.3 条规定。

8. 配电箱、开关箱内不得放置任何杂物，并应保持整洁。

9. 配电箱、开关箱内不得随意挂接其他用电设备。

10. 配电箱、开关箱内的电器配置和接线严禁随意改动。

熔断器的熔体更换时，严禁采用不符合原规格的熔体代替。漏电保护器每天使用前应启动漏电试验按钮试跳一次，试跳不正常时严禁继续使用。

第八节　照明安全技术

一、一般规定

1. 在坑、洞、井内作业、夜间施工或厂房、道路、仓库、办公室、食堂、宿舍、料具堆放场及自然采光差等场所，应设一般照明、局部照明或混合照明。

在一个工作场所内，不得只设局部照明。

停电后，操作人员需及时撤离的施工现场，必须装设自备电源的应急照明。

2. 现场照明应采用高光效、长寿命的照明光源。对需大面积照明的场所，应采用高压汞灯、高压钠灯或混光用的卤钨灯等。

3. 照明器的选择必须按下列环境条件确定：

(1) 正常湿度一般场所，选用开启式照明器；

(2) 潮湿或特别潮湿场所，选用密闭型防水照明器或配有防水灯头的开启式照明器；

(3) 含有大量尘埃但无爆炸和火灾危险的场所，选用防尘型照明器；

(4) 有爆炸和火灾危险的场所，按危险场所等级选用防爆型照明器；

(5) 存在较强振动的场所，选用防振型照明器；

(6) 有酸碱等强腐蚀介质场所，选用耐酸碱型照明器。

4. 照明器具和器材的质量应符合国家现行有关强制性标准的规定，不得使用绝缘老化或破损的器具和器材。

5. 无自然采光的地下大空间施工场所，应编制单项照明用电方案。

二、照明供电

1. 一般场所宜选用额定电压为 220 V 的照明器。

2. 下列特殊场所应使用安全特低电压照明器：

(1) 隧道、人防工程、高温、有导电灰尘、比较潮湿或灯具离地面高度低于 2.5 m 等场所的照明，电源电压不应大于 36 V；

(2) 潮湿和易触及带电体场所的照明，电源电压不得大于 24 V；

(3) 特别潮湿场所、导电良好的地面、锅炉或金属容器内的照明，电源电压不得大于 12 V。

3. 使用行灯应符合下列要求：

(1) 电源电压应不大于 36 V；

(2) 灯体与手柄应坚固、绝缘良好并耐热、耐潮湿；

(3) 灯头与灯体应结合牢固，灯头无开关；

(4) 灯泡外部应有金属保护网；

(5) 金属网、反光罩、悬吊挂钩应固定在灯具的绝缘部位上。

4. 照明变压器必须使用双绕组型安全隔离变压器，严禁使用自耦变压器。

5. 照明系统宜使三相负荷平衡，其中每一单相回路上，灯具和插座数量不宜超过 25 个，负荷电流不宜超过 15 A。

6. 工作零线截面应按下列规定选择：

(1) 单相二线及二相二线线路中，零线截面与相线截面相同；

(2) 三相四线制线路中，当照明器为白炽灯时，零线截面不小于相线截面的 50%；当照明器为气体放电灯时，零线截面按最大负载相的电流选择；

(3) 在逐相切断的三相照明电路中，零线截面与最大负载相相线截面相同。

7. 室内、室外照明线路的敷设应符合 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 7 章要求。

三、照明装置

1. 照明灯具的金属外壳必须与 PE 线相连接，照明开关箱内必须装设隔离开关、短路与过载保护电器和漏电保护器，并应符合 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 8.2.5、8.2.6 条的规定。

2. 室外 220 V 灯具距地面不得低于 3 m，室内 220 V 灯具距地面不得低于 2.5 m。普通灯具与易燃物距离不宜小于 300 mm；聚光灯、碘钨灯等高热灯具与易燃物距离不宜小于 500 mm，且不得直接照射易燃物。当达不到规定安全距离时，应采取隔热措施。

3. 路灯的每个灯具应单独装设熔断器保护。灯头线应做防水弯。

4. 荧光灯管应采用管座固定或用吊链悬挂。荧光灯的镇流器不得安装在易燃的结构物上。

5. 碘钨灯及钠、铊、铟等金属卤化物灯具的安装高度宜在 3 m 以上，灯线应固定在接线柱上，不得靠近灯具表面。

6. 投光灯的底座应安装牢固，应按需要的光轴方向将枢轴拧紧固定。

7. 螺口灯头及其接线应符合下列要求：

(1) 灯头的绝缘外壳无损伤、无漏电；

(2) 相线接在与中心触头相连的一端，零线接在与螺纹口相连的一端。

8. 灯具内的接线必须牢固，灯具外的接线必须做可靠的防水绝缘包扎。

9. 暂设工程的照明灯具宜采用拉线开关控制，开关安装位置宜符合下列要求：

(1) 拉线开关距地面高度为 2 m～3 m，与出入口的水平距离为 0.15 m～0.2 m，拉线的出口向下；

(2) 其他开关距地面高度为 1.3 m，与出入口的水平距离为 0.15 m～0.2 m。

10. 灯具的相线必须经开关控制，不得将相线直接引入灯具。

11. 对夜间影响飞机或车辆通行的在建工程及机械设备，必须设置醒目的红色信号灯。其电源应设在施工现场总电源开关的前侧，并应设置外电线路停止供电时的应急自备电源。

第九节　手持式电动工具安全技术

一、手持式电动工具的概念

手持式电动工具在电力建设工程中应用较广，如手电钻、冲击钻、电锤、电动扳手、手砂轮等因其与操作者直接接触，又需要经常携带移动，如忽略安全使用，比较容易发生事故。

手持式电动工具按触电保护可分为：

(1) Ⅰ类工具。此类工具在防止触电的保护方面除了基本绝缘外，还要附加一个安全措施，即将可触及可能带电的部位做保护接地(接零)，使其在基本绝缘损坏的情况下不发生事故。

(2) Ⅱ类工具。此类工具在防止触电的保护方面不仅具有基本绝缘，还提供了双重绝缘或加强绝缘的附加措施，不设保护接地(接零)。分为绝缘外壳和金属外壳两种，在明显部位标有Ⅱ类结构符号。

(3) Ⅲ类工具。此类工具在防止触电的保护方面依靠安全特低电压供电，且在工具内部不会产生比安全特低电压高的电压。

二、一般规定

1. 施工现场的手持式电动工具的选购、使用、检查和维修应遵守下列规定：

(1) 选购的手持式电动工具及其用电安全装置符合相应的国家现行有关强制性标准的规定，且具有产品合格证和使用说明书；

(2) 建立和执行专人专机负责制，并定期检查和维修保养；

(3) 接地符合 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 5.1.1、5.1.2 条要求，运行时产生振动的设备的金属基座、外壳与 PE 线的连接点不少于 2 处；

(4) 漏电保护符合 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 8.2.5、8.2.8～8.2.10、8.2.12 和 8.2.13 条要求；

(5) 按使用说明书使用、检查、维修。

2. 手持式电动工具中的塑料外壳Ⅱ类工具和一般场所手持式电动工具中的Ⅲ类工具可不连接 PE 线。

3. 手持式电动工具的负荷线应按其计算负荷选用无接头的橡皮护套铜芯软电缆，其性能应符合现行国家标准 GB 5013—1997《额定电压 450/750V 及以下橡皮绝缘电缆》中第 1 部分(一般要求)和第 4 部分(软线和软电缆)的要求；其截面可按 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》附录 C 选配。

电缆芯线数应根据负荷及其控制电器的相数和线数确定：三相四线时，应选用五芯电缆；三相三线时，应选用四芯电缆；当三相用电设备中配置有单相用电器具时，应选用五芯电缆；单相二线时，应选用三芯电缆。

电缆芯线应符合 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 7.2.1 条规定，其中 PE 线应采用绿/黄双色绝缘导线。

4. 每一手持式电动工具的开关箱内，除应装设过载、短路、漏电保护电器外，还应按 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 8.2.5 条要求装设隔离开关或具有可见分断点的断路器，以及按照 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 8.2.6 条要求装设控制装置。正、反向运转控制装置中的控制电器应采用接触器、继电器等自动控制电器，不得采用手动双向转换开关作为控制电器。电器规格可按 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》附录 C 选配。

三、手持式电动工具使用安全技术

1. 空气湿度小于 75%的施工现场可选用Ⅰ类或Ⅱ类手持式电动工具，其金属外壳与 PE 线的连接点不得少于 2 处。除塑料外壳Ⅱ类工具外，相关开关箱中漏电保护器的额定漏电动作电流不应大于 15 mA，额定漏电动作时间不应大于 0.1 s，其负荷线插头应具备专用的保护触头。所用插座和插头在结构上应保持一致，避免导电触头和保护触头混用。

2. 在施工现场的潮湿场所或金属构架上操作时，必须选用Ⅱ类或由安全隔离变压器供电的Ⅲ类手持式电动工具。金属外壳Ⅱ类手持式电动工具使用时，必须符合 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 9.6.1 条要求，其开关箱和控制箱应设置在作业场所外面。在潮湿场所或金属构架上严禁使用Ⅰ类手持式电动工具。

3. 狭窄场所必须选用由安全隔离变压器供电的Ⅲ类手持式电动工具，其开关箱和安全隔离变压器均应设置在狭窄场所外面，并连接 PE 线。漏电保护器的选择应符合 JGJ 46—2005《施工现场临时用电安全技术规范》第 8.2.10 条使用于潮湿或有腐蚀介质场所漏电保护器的要求。操作过程中，应有人在外面监护。

4. 施工中使用的手持式电动工具的负荷线应采用耐气候型的橡皮护套铜芯软电缆，并不得有接头。

5. 手持式电动工具的外壳、手柄、插头、开关、负荷线等必须完好无损，使用前必须做绝缘检查和空载检查，在绝缘合格、空载运转正常后方可使用。绝缘电阻不应小于

表 5-12规定的数值。

表 5-12　手持式电动工具绝缘电阻限值

测量部位	绝缘电阻/MΩ		
	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类
带电零件与外壳之间	2	7	1

注：绝缘电阻用 500 V 兆欧表测量。

6. 使用手持式电动工具时，必须按规定穿、戴绝缘防护用品。

第六章　建筑机械安全生产技术

大中型火电建设项目中的建筑施工机械主要指：土方机械、混凝土机械、钢筋机械、装修机械及木工机械。本章我们介绍施工机械的种类和安全使用规定，重点是混凝土搅拌机、混凝土输送泵、振捣器、钢筋机械、圆盘锯、电平刨等的性能和安全使用（我们将起重吊装机械和运输机械与建筑施工机械分开在本书其他章节中单独介绍）。

第一节　建筑机械的分类及安全生产技术

一、建筑机械的分类

建筑机械的分类按其作业对象的不同可分为土方机械、混凝土机械、钢筋机械、装修机械及木工机械。

二、建筑机械使用安全技术要求

1. 建立健全安全生产责任制

机械安全生产责任制是企业岗位责任制的重要内容之一。由于机械的安全直接影响施工生产的安全，所以机械的安全指标应列入企业经理的任期目标。企业经理是企业机械的总负责人，应对机械安全负全责。

机械管理部门要有专人管机械安全，基层也要有专职或兼职的机械安全员，形成机械安全管理网。

2. 编制安全施工技术措施

编制安全施工方案时，应有保证机械安全的技术措施。对于重型机械的拆装、重大构件的吊装，超重、超宽、超高物件的运输，以及危险地段的施工等，都要编制安全施工、安全运行的技术方案，以确保施工、生产和机械的安全。

在机械保养、修理中，要制定安全作业技术措施，以保障人身和机械安全。在机械及附件、配件等保管中也应制定相应的安全制度，特别是油库和机械库要制定更严格的安全制度和安全标志，确保机械和油料的安全保管。

3. 贯彻执行机械使用安全技术规程（JGJ 33—2001）

《建筑机械使用安全技术规程》是建设部制定和颁发的标准。它根据机械的结构和运转特点，以及安全运行的要求，规定机械使用和操作过程中必须遵守的事项、程序及动作等基本规则，是机械安全运行、安全作业的重要保障。机械施工和操作人员认真执行本规程，可保证机械的安全运行，防止事故的发生。

4. 开展机械安全教育

机械安全教育是企业安全生产教育的重要内容，主要是针对专业人员进行具有专业

特点的安全教育工作，所以也叫专业安全教育。对各种机械的操作人员，必须进行专业技术培训和机械使用安全技术规程的学习，作为取得操作证的主要考核内容。

5. 认真开展机械安全检查活动

机械安全检查的内容，一是机械本身的故障和安全装置的检查，主要是消除机械故障和隐患，确保安全装置灵敏可靠；二是机械安全施工生产的检查，主要是检查施工条件、施工方案、措施是否能确保机械安全施工生产。

第二节　土方机械及安全生产技术

土方机械在城市建设、交通运输、农田水利和国防建设中起着十分重要的作用，是国民经济建设不可缺少的技术装备。

一、土方机械的种类

土方机械种类较多，本节选择推土机、铲运机、装载机、挖掘机和压路机等机种，对其在使用中的安全技术进行简单的介绍，作为施工组织者和有关专职管理人员都应熟悉它们的性能和构造特点以及安全使用要求，合理选择施工机械和施工方法，发挥机械的效率，提高经济效益。

1. 推土机

推土机是以履带式或轮胎式拖拉机牵引车为主机，再配置悬式铲刀的自行式铲土运输机械，主要进行短距离推运土方、石渣等作业。推土机作业时，依靠机械的牵引力，完成土壤的切割和推运。配置其他工作装置可完成铲土、运土、填土、平地、压实以及松土、除根、清除石块杂物等作业，是土方工程中广泛使用的施工机械。

按行走装置不同分为履带式和轮胎式推土机。履带式推土机附着性能好，接地比压小，通过性好，爬坡能力强，但行驶速度慢，适用于条件较差地带作业；轮胎式推土机行驶速度快，灵活性好，不破坏路面，但牵引力小，通过性差。

按传动形式分为机械传动、液力机械传动和全液压传动 3 种。液力机械传动应用最广。

按发动机功率分为轻型、中型和大型推土机，轻型为发动机功率小于 75 kW，中型为发动机功率 75 kW～225 kW 之间，大型为发动机功率大于 225 kW。

按用途分为通用型和专用型 2 种。

按工作装置形式分为直铲式和角铲式。

2. 铲运机

铲运机也是一种挖土兼运土的机械设备，它可以在一个工作循环中独立完成挖土、装土、运输和卸土等工作，还兼有一定的压实和平地作用。铲运机运土距离较远，铲斗容量较大，是土方工程中应用最广泛的重要机种之一，主要用于大土方量的填挖和运输作业。

铲运机按行走方式分为拖式和自行式 2 种。

铲运机按卸土方式分为强制式、半强制式和自由式 3 种。

铲运机按铲斗容量分为小型（6 m^3 以下）、中型（6 m^3～15 m^3）、大型（15 m^3～

30 m^3)、特大型(30 m^3 以上)。

3. 装载机

装载机是一种作业效率较高的铲装机械,可用来装载松散物料,同时还能用于清理、平整场地、短距离装运物料、牵引和配合运输车辆作装土使用。如更换相应的工作装置后,还可以完成推土、挖土、松土、起重等多种工作,且有较好的机动性,被广泛用于建筑、筑路、矿山、港口、水利及国防等各种建设中。

4. 挖掘机

挖掘机是以开挖土、石方为主的工程机械,广泛用于各类建设工程的土、石方施工中,如开挖基坑、沟槽和取土等。更换不同工作装置,可进行破碎、打桩、夯土、起重等多种作业。我们主要使用的是单斗挖掘机。

单斗挖掘机是土石方工程中普遍使用的机械。有专用型和通用型之分,专用型供矿山采掘用,通用型主要用在各种建设工程施工中。其特点是挖掘力大,可以挖Ⅵ级以下的土壤和爆破后的岩石。

单斗挖掘机可以将挖出的土石就近卸掉或配备一定数量的自卸车进行远距离的运输。此外,其工作装置根据建设工程的需要可换成起重、碎石、钻孔和抓斗等多种工作装置,扩大了挖掘机的使用范围。

单斗挖掘机的种类按传动的类型不同可分为机械式和液压式 2 类;按行走装置不同可分为履带式、轮胎式和步履式 3 种。

5. 压路机

在建设工程中,压路机主要用作公路、铁路、市政建设、机场跑道、堤坝等建筑物地基工程的压实作业,以提高土石方基础的强度,降低雨水的渗透性,保持基础稳定,防止沉陷,是基础工程和道路工程中不可缺少的施工机械。

压路机按其压实原理可分为静作用压路机、振动压路机。

(1) 静作用压路机

静作用压路机是以其自身质量对被压实材料施加压力,消除材料颗粒间的间隙,排除空气和水分,以提高土壤的密实度、强度、承载能力和防渗透性等的压实机械,可用来压实路基、路面、广场和其他各类工程的地基等。

(2) 光轮压路机

自行式光轮压路机根据滚轮和轮轴数目主要分为二轮二轴式和三轮二轴式。这两种压路机除轮数不同外,其结构基本相同。

(3) 羊脚压路机

羊脚压路机(通称羊脚碾)是在普通光轮压路机的碾轮上装置若干羊脚或凸块的压实机械,故也称凸块压路机。凸块(羊脚)有圆形、长方形和菱形等多种,它的高度与碾重和压实深度有关,凸块调试与碾轮之比为 1∶8～1∶5。除滚压轮外,自行式凸块(羊脚)压路机与光轮压路机的构造基本相同。

(4) 轮胎压路机

轮胎压路机通过多个特制的充气轮胎来压实铺层材料。由于具有接触面积大,压实效果好等特点,因而广泛用于压实各类建筑基础、路面、路基和沥青混凝土路面。

(5) 振动压路机

振动压路机是利用自身重力和振动作用对压实材料施加静压力和振动压力，振动压力给予压实材料连续高频振动冲击波，使压实材料颗粒产生加速运动，颗粒间内摩擦力大大降低，小颗粒填补孔隙，排出空气和水分，增加压实材料的密实度，提高其强度及防渗透性。振动压路机与静作用压路机相比，具有压实深度大、密实度高、质量好以及压实遍数少、生产效率高等特点，其生产效率相当于静作用压路机的 3～4 倍。

振动压路机按行驶方式可分为自行式、拖式和手扶式；按驱动轮数量可分为单轮驱动、双轮驱动和全轮驱动；按传动方式可分为机械传动、液力机械传动和全液压传动；按振动轮外部结构可分为光轮、凸块(羊脚)和橡胶滚轮；按振动轮内部结构可分为振动、振荡和垂直振动。

二、土方机械使用安全技术

1. 土方机械使用安全技术的基本要求

(1) 机械进入现场前，应查明行驶路线上的桥梁、涵洞的上部净空和下部承载能力，保证机械安全通过。

(2) 作业前，应查明施工场地明、暗设置物(电线、地下电缆、管道、坑道等)的地点及走向，并采用明显记号表示。严禁在离电缆 1m 距离以内作业。

(3) 作业中，应随时监视机械各部位的运转及仪表指示值，如发现异常，应立即停机检修。

(4) 机械运行中，严禁接触转动部位和进行检修。在修理(焊、铆等)工作装置时，应使其降到最低位置，并应在悬空部位垫上垫木。

(5) 在电杆附近取土时，对不能取消的拉线、地垄和杆身，应留出土台。土台半径：电杆应为 1.0 m～1.5 m；拉线应为 1.5 m～2.0 m。并应根据土质情况确定坡度。

(6) 机械不得靠近架空输电线路作业，并应按照 JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第 4.1.17 条的规定留出安全距离。

(7) 在施工中遇下列情况之一时应立即停工，待符合作业安全条件时，方可继续施工：

a) 填挖区土体不稳定，有发生坍塌危险时；

b) 气候突变，发生暴雨、水位暴涨或山洪暴发时；

c) 在爆破警戒区内发出爆破信号时；

d) 地面涌水冒泥，出现陷车或因雨发生坡道打滑时；

e) 工作面净空不足以保证安全作业时；

f) 施工标志、防护设施损毁失效时。

(8) 配合机械作业的清底、平地、修坡等人员，应在机械回转半径以外工作。当必须在回转半径以内工作时，应停止机械回转并制动好后，方可作业。

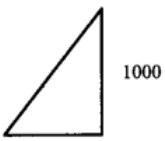
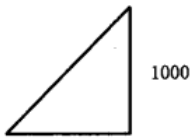
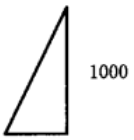
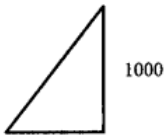
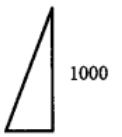
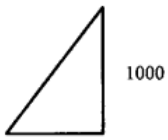
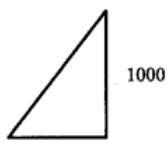
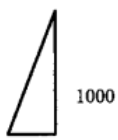
(9) 挖掘基坑时，当坑底无地下水，坑深在 5 m 以内，且边坡坡度符合表 6-1 规定时，可不加支撑。

(10) 当挖土深度超过 5 m 或发现有地下水以及土质发生特殊变化等情况时，应根据

土的实际性能计算其稳定性，再确定边坡坡度。

（11）当对石方或冻土进行爆破作业时，所有人员、机具应撤至安全地带或采取安全保护措施。

表 6-1　边坡坡度比例

土壤性质	在坑沟底挖土	在坑沟上边挖土
砂土回填土		
粉土砾石土		
粉质黏土		
黏土		
干黄土		

2. 单斗挖掘机

（1）单斗挖掘机的作业和行走场地应平整坚实，对松软地面应垫以枕木或垫板，沼泽地区应先作路基处理，或更换湿地专用履带板。

（2）轮胎式挖掘机使用前应支好支腿并保持水平位置，支腿应置于作业面的方向，转向驱动桥应置于作业面的后方。采用液压悬挂装置的挖掘机，应锁住两个悬挂液压缸。履带式挖掘机的驱动轮应置于作业面的后方。

（3）平整作业场地时，不得用铲斗进行横扫或用铲斗对地面进行夯实。

（4）挖掘岩石时，应先进行爆破。挖掘冻土时，应采用破冰锤或爆破法使冻土层破碎。

(5) 挖掘机正铲作业时，除松散土壤外，其最大开挖高度和深度，不应超过机械本身性能规定。在拉铲或反铲作业时，履带距工作面边缘距离应大于 1.0 m，轮胎距工作面边缘距离应大于 1.5 m。

(6) 作业前重点检查项目应符合下列要求：

a) 照明、信号及报警装置等齐全有效；

b) 燃油、润滑油、液压油符合规定；

c) 各铰接部分连接可靠；

d) 液压系统无泄漏现象；

e) 轮胎气压符合规定。

(7) 作业时，挖掘机应保持水平位置，将行走机构制动住，并将履带或轮胎楔紧。

(8) 遇较大的坚硬石块或障碍物时，应待清除后方可开挖，不得用铲斗破碎石块、冻土或用单边斗齿硬啃。

(9) 挖掘悬崖时，应采取防护措施。作业面不得留有伞沿及松动的大块石，当发现有塌方危险时，应立即处理或将挖掘机撤至安全地带。

(10) 作业时，应待机身停稳后再挖土，当铲斗未离开工作面时，不得作回转、行走等动作。回转制动时，应使用回转制动器，不得用转向离合器反转制动。

(11) 作业时，各操纵过程应平稳，不宜紧急制动。铲斗升降不得过猛，下降时，不得撞碰车架或履带。

(12) 斗臂在抬高及回转时，不得碰到洞壁、沟槽侧面或其他物体。

(13) 向运土车辆装车时，宜降低挖铲斗，减小卸落高度，不得偏装或砸坏车厢。在汽车未停稳或铲斗需要越过驾驶室而司机未离开前不得装车。

(14) 作业中，履带式挖掘机作短距离行走时，主动轮应在后面，斗臂应在正前方与履带平行，制动住回转机构，铲斗应离地面 1 m。上、下坡道不得超过机械本身允许最大坡度，下坡应慢速行驶。不得在坡道上变速和空挡滑行。

(15) 轮胎式挖掘机行驶前，应收回支腿并固定好，监控仪表和报警信号灯应处于正常显示状态，气压表压力应符合规定，工作装置应处于行驶方向的正前方，铲斗应离地面 1 m。长距离行驶时，应采用固定销将回转平台锁定，并将回转制动板踩下后锁定。

(16) 作业后，挖掘机不得停放在高边坡附近和填方区，应停放在坚实、平坦、安全的地带，将铲斗收回平放在地面上，所有操纵杆置于中位，关闭操纵室和机棚。

(17) 利用铲斗将底盘顶起进行检修时，应使用垫木将抬起的轮胎垫稳，并用木楔将落地轮胎楔牢，然后将液压系统卸荷，否则严禁进入底盘下工作。

3. 推土机

(1) 推土机在坚硬土壤或多石土壤地带作业时，应先进行爆破或用松土器翻松。在沼泽地带作业时，应更换湿地专用履带板。

(2) 不得用推土机推石灰、烟灰等粉尘物料和用作碾碎石块的作业。

(3) 作业前重点检查项目应符合下列要求：

a) 各部件无松动、连接良好；

b) 燃油、润滑油、液压油等符合规定；

c）各系统管路无裂纹或泄漏；

d）各操纵杆和制动踏板的行程、履带的松紧度或轮胎气压均符合要求。

（4）推土机行驶前，严禁有人站在履带或刀片的支架上，机械四周应无障碍物，确认安全后，方可开动。

（5）在块石路面行驶时，应将履带张紧。当需要原地旋转或急转弯时，应采用低速挡进行。当行走机构夹入块石时，应采用正、反向往复行驶使块石排除。

（6）推土机上、下坡或超过障碍物时应采用低速挡。上坡时不得进行换挡，下坡时不得空挡滑行。横向行驶的坡度不得超过10°。当需要在陡坡上推土时，应先进行填挖，使机身保持平衡，方可作业。

（7）在上坡途中，当内燃机突然熄灭时，应立即放下铲刀，并锁住制动踏板。在分离主离合器后，方可重新启动内燃机。

（8）下坡时，当推土机下行速度大于内燃机传动速度时，转向动作的操纵应与平地行走时操纵的方向相反，此时不得使用制动器。

（9）填沟作业驶近边坡时，铲刀不得越出边缘。后退时，应先换挡，方可提升铲刀进行倒车。

（10）在深沟、基坑或陡坡地区作业时，应有专人指挥，其垂直边坡高度不应大于2 m。

（11）在推土或松土作业中不得超载，不得作有损于铲刀、推土架、松土器等装置的动作，各项操作应缓慢平稳。无液力变矩器装置的推土机，在作业中有超载趋势时，应稍微提升刀片或变换低速挡。

（12）两台以上推土机在同一地区作业时，前后距离应大于8.0 m；左右距离应大于1.5 m。在狭窄道路上行驶时，未得前机同意，后机不得超越。

（13）推土机顶推铲运机作助铲时，应符合下列要求：

a）进入助铲位置进行顶推中，应与铲运机保持同一直线行驶；

b）铲刀的提升高度应适当，不得触及铲斗的轮胎；

c）助铲时应均匀用力，不得猛推猛撞，应防止将铲斗后轮胎顶离地面或使铲斗吃土过深；

d）铲斗满载提升时，应减少推力，待铲斗提离地面后即减速脱离接触；

e）后退时，应先看清后方情况，当需绕过正后方驶来的铲运机倒向助铲位置时，宜从来车的左侧绕行。

（14）推土机转移行驶时，铲刀距地面宜为400 mm，不得用高速挡行驶和进行急转弯。不得长距离倒退行驶。

（15）作业完毕后，应将推土机开到平坦安全的地方，落下铲刀，有松土器的，应将松土器爪落下。在坡道上停机时，应将变速杆挂低速挡，接合主离合器，锁住制动踏板，并将履带或轮胎楔住。

4. 拖式铲运机

（1）铲运机行驶道路应平整结实，路面比机身应宽出2 m。

（2）作业前，应检查钢丝绳、轮胎气压、铲土斗及卸土板回缩弹簧、拖把万向接头、撑

架以及各部滑轮等。液压式铲运机铲斗与拖拉机连接的叉座与牵引连接块应锁定，各液压管路连接应可靠，确认正常后，方可起动。

(3) 开动前，应使铲斗离开地面，机械周围应无障碍物，确认安全后，方可开动。

(4) 作业中，严禁任何人上下机械，传递物件，以及在铲斗内、拖把或机架上坐立。

(5) 多台铲运机联合作业时，各机之间前后距离不得小于 10 m(铲土时不得小于 5 m)，左右距离不得小于 2 m。行驶中，应遵守下坡让上坡、空载让重载、支线让干线的原则。

(6) 在狭窄地段运行时，未经前机同意，后机不得超越。两机交会或超越平行时应减速，两机间距不得小于 0.5 m。

(7) 铲运机上、下坡道时，应低速行驶，不得中途换挡，下坡时不得空挡滑行，行驶的横向坡度不得超过 6°，坡宽应大于机身 2 m 以上。

(8) 在新填筑的土堤上作业时，离堤坡边缘不得小于 1 m。需要在斜坡横向作业时，应先将斜坡挖填，使机身保持平衡。

(9) 在坡道上不得进行检修作业。在陡坡上严禁转弯、倒车或停车。在坡上熄火时，应将铲斗落地、制动牢靠后再行启动。下陡坡时，应将铲斗触地行驶，帮助制动。

(10) 铲土时，铲土与机身应保持直线行驶。助铲时应有助铲装置，应正确掌握斗门开启的大小，不得切土过深。两机动作应协调配合，做到平稳接触，等速助铲。

(11) 在下陡坡铲土时，铲斗装满后，在铲斗后轮未到达缓坡地段前，不得将铲斗提离地面，应防铲斗快速下滑冲击主机。

(12) 在凹凸不平地段行驶转弯时，应放低铲斗，不得将铲斗提升到最高位置。

(13) 拖拉陷车时，应有专人指挥，前后操作人员应协调，确认安全后，方可起步。

(14) 作业后，应将铲运机停放在平坦地面，并应将铲斗落在地面上。液压操纵的铲运机应将液压缸缩回，将操纵杆放在中间位置，进行清洁、润滑后，锁好门窗。

(15) 非作业行驶时，铲斗必须用锁紧链条挂牢在运输行驶位置上，机上任何部位均不得载人或装载易燃、易爆物品。

(16) 修理斗门或在铲斗下检修作业时，必须将铲斗提起后用销子或锁紧链条固定，再用垫木将斗身顶住，并用木楔楔住轮胎。

5. 自行式铲运机

(1) 自行式铲运机的行驶道路应平整坚实，单行道宽度不应小于 5.5 m。

(2) 多台铲运机联合作业时，前后距离不得小于 20 m(铲土时不得小于 10 m)，左右距离不得小于 2 m。

(3) 作业前，应检查铲运机的转向和制动系统，并确认灵敏可靠。

(4) 铲土时，或在利用推土机助铲时，应随时微调转向盘，铲运机应始终保持直线前进。不得在转弯情况下铲土。

(5) 下坡时，不得空挡滑行，应踩下制动踏板辅以内燃机制动，必要时可放下铲斗，以降低下滑速度。

(6) 转弯时，应采用较大回转半径低速转向，操纵转向盘不得过猛；当重载行驶或在弯道上、下坡时，应缓慢转向。

(7) 不得在大于15°的横坡上行驶，也不得在横坡上铲土。

(8) 沿沟边或填方边坡作业时，轮胎离路肩不得小于0.7 m，并应放低铲斗，降速缓行。

(9) 在坡道上不得进行检修作业。遇在坡道上熄火时，应立即制动，下降铲斗，把变速杆放在空挡位置，然后方可启动内燃机。

(10) 穿越泥泞或软地面时，铲运机应直线行驶，当一侧轮胎打滑时，可踏下差速器锁止踏板。当离开不良地面时，应停止使用差速器锁止踏板。不得在差速器锁止时转弯。

(11) 夜间作业时，前后照明应齐全完好，前大灯应能照至30 m；当对方来车时，应在100 m以外将大灯光改为小灯光，并低速靠边行驶。非作业行驶时，应符合JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第5.5.17条的规定。

6. 静作用压路机

(1) 压路机碾压的工作面，应经过适当平整，对新填的松软路基，应先用羊足碾或打夯机逐层碾压或夯实后，方可用压路机碾压。

(2) 当土的含水量超过30%时不得碾压，含水量少于5%时，宜适当洒水。

(3) 工作地段的纵坡不应超过压路机最大爬坡能力，横坡不应大于20°。

(4) 应根据碾压要求选择机重。当光轮压路机需要增加机重时，可在滚轮内加砂或水。当气温降至0℃时，不得用水增重。

(5) 轮胎压路机不宜在大块石基础层上作业。

(6) 作业前，各系统管路及接头部分应无裂纹、松动和泄漏现象，滚轮的刮泥板应平整良好，各紧固件不得松动，轮胎压路机还应检查轮胎气压，确认正常后方可启动。

(7) 启动后，应进行试运转，确认运转正常，制动及转向功能灵敏可靠，方可作业。开动前，压路机周围应无障碍物或人员。

(8) 碾压时应低速行驶，变速时必须停机。速度宜控制在3 km/h～4 km/h范围内，在一个碾压行程中不得变速。碾压过程应保持正确的行驶方向，碾压第二行时必须与第一行重叠半个滚轮压痕。

(9) 在新建道路上进行碾压时，应从中间向两侧碾压。碾压时，距路基边缘不应少于0.5 m。

(10) 碾压傍山道路时，应由里侧向外侧碾压，距路基边缘不应少于1 m。

(11) 上、下坡时，应事先选好挡位，不得在坡上换挡，下坡时不得空挡滑行。

(12) 两台以上压路机同时作业时，前后间距不得小于3 m，在坡道上不得纵队行驶。

(13) 在运行中，不得进行修理或加油。需要在机械底部进行修理时，应将内燃机熄火，用制动器制动住，并楔住滚轮。

(14) 作业后，应将压路机停放在平坦坚实的地方，并制动住。不得停放在土路边缘及斜坡上，也不得停放在妨碍交通的地方。

7. 振动压路机

(1) 作业时，压路机应先起步后才能起振，内燃机应先置于中速，然后再调至高速。

(2) 碾压松软路基时，应先在不振动情况下碾压1遍～2遍，然后再振动辗压。

(3) 碾压时，振动频率应保持一致。对可调振频的振动压路机，应先调好振动频率后

再作业，不得在没有起振情况下调整振动频率。

(4) 停机时应先停振，然后将换向机构置于中间位置，变速器置于空挡，最后拉起手制动操纵杆，内燃机怠速运转数分钟后熄火。

(5) 其他作业要求，应符合 JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第 5.7 节的有关规定。

8. 轮胎式装载机

(1) 装载机工作距离不宜过大，超过合理运距时，应由自卸汽车配合装运作业。自卸汽车的车箱容积应与铲斗容量相匹配。

(2) 装载机不得在倾斜度超过出厂规定的场地上作业。作业区内不得有障碍物及无关人员。

(3) 装载机作业场地和行驶道路应平坦。在石方施工场地作业时，应在轮胎上加装保护链条或用钢质链板直边轮胎。

(4) 启动内燃机后，应怠速空运转，各仪表指示值应正常，各部管路密封良好，待水温达到 55℃、气压达到 0.45 MPa 后，可起步行驶。

(5) 起步前，应先鸣声示意，宜将铲斗提升离地 0.5 m。行驶过程中应测试制动器的可靠性。并避开路障或高压线等。除规定的操作人员外，不得搭乘其他人员，严禁铲斗载人。

(6) 高速行驶时应采用前两轮驱动；低速铲装时，应采用四轮驱动。行驶中，应避免突然转向。铲斗装载后升起行驶时，不得急转弯或紧急制动。

(7) 在公路上行驶时，必须由持有操作证的人员操作，并应遵守交通规则，下坡不得空挡滑行和超速行驶。

(8) 装料时，应根据物料的密度确定装载量，铲斗应从正面铲料，不得铲斗单边受力。卸料时，举臂翻转铲斗应低速缓慢动作。

(9) 操纵手柄换向时，不应过急、过猛。满载操作时，铲臂不得快速下降。

(10) 在松散不平的场地作业时，应把铲臂放在浮动位置，使铲斗平稳地推进；当推进时阻力过大时，可稍稍提升铲臂。

(11) 铲臂向上或向下动作到最大限度时，应将操纵杆回到空挡位置。

(12) 不得将铲斗提升到最高位置运输物料。运载物料时，宜保持铲臂下铰点离地面 0.5 m，并保持平稳行驶。

(13) 铲装或挖掘应避免铲斗偏载，不得在收斗或半收斗而未举臂时前进。铲斗装满后，应举臂到距地面约 0.5 m 时，再后退、转向、卸料。

(14) 当铲装阻力较大，出现轮胎打滑时，应立即停止铲装，排除过载后再铲装。

(15) 在向自卸汽车装料时，铲斗不得在汽车驾驶室上方越过。当汽车驾驶室顶无防护板，装料时，驾驶室内不得有人。

(16) 在向自卸汽车装料时，宜降低铲斗及减小卸落高度，不得偏载、超载和砸坏车箱。

(17) 在边坡、壕沟、凹坑卸料时，轮胎离边缘距离应大于 1.5 m，铲斗不宜过于伸出。在大于 3°的坡面上，不得前倾卸料。

(18) 作业时，内燃机水温不得超过 90℃，变矩器油温不得超过 110℃，当超过上述规定时，应停机降温。

(19) 作业后，装载机应停放在安全场地，铲斗平放在地面上，操纵杆置于中位，并制动锁定。

(20) 装载机转向架未锁闭时，严禁站在前后车架之间进行检修保养。

(21) 装载机铲臂升起后，在进行润滑或调整等作业之前，应装好安全销，或采取其他措施支住铲臂。

(22) 停车时，应使内燃机转速逐步降低，不得突然熄火；应防止液压油因惯性冲击而溢出油箱。

9. 蛙式夯实机

(1) 蛙式夯实机应适用于夯实灰土和素土的地基、地坪及场地平整，不得夯实坚硬或软硬不一的地面、冻土及混有砖石碎块的杂土。

(2) 作业前重点检查项目应符合下列要求：

a) 除接零或接地外，应设置漏电保护器，电缆线接头绝缘良好；

b) 传动皮带松紧度合适，皮带轮与偏心块安装牢固；

c) 转动部分有防护装置，并进行试运转，确认正常后，方可作业。

(3) 作业时夯实机扶手上的按钮开关和电动机的接线均应绝缘良好。当发现有漏电现象时，应立即切断电源，进行检修。

(4) 夯实机作业时，应一人扶夯，一人传递电缆线，且必须戴绝缘手套和穿绝缘鞋。递线人员应跟随夯机后或两侧调顺电缆线，电缆线不得扭结或缠绕，且不得张拉过紧，应保持有 3 m～4 m 的余量。

(5) 作业时，应防止电缆线被夯击。移动时，应将电缆线移至夯机后方，不得隔机抢扔电缆线，当转向倒线困难时，应停机调整。

(6) 作业时，手握扶手应保持机身平衡，不得用力向后压，并应随时调整行进方向。转弯时不得用力过猛，不得急转弯。

(7) 夯实填高土方时，应在边缘以内 100 mm～150 mm 夯实 2 遍～3 遍后，再夯实边缘。

(8) 在较大基坑作业时，不得在斜坡上夯行，应避免造成夯头后折。

(9) 夯实房心土时，夯板应避开房心内地下构筑物、钢筋混凝土基桩、机座及地下管道等。

(10) 在建筑物内部作业时，夯板或偏心块不得打在墙壁上。

(11) 多机作业时，其平列间距不得小于 5 m，前后间距不得小于 10 m。

(12) 夯机前进方向和夯机四周 1 m 范围内，不得站立非操作人员。

(13) 夯机连续作业时间不应过长，当电动机超过额定温升时，应停机降温。

(14) 夯机发生故障时，应先切断电源，然后排除故障。

(15) 作业后，应切断电源，卷好电缆线，清除夯机上的泥土，并妥善保管。

10. 振动冲击夯

(1) 振动冲击夯应适用于黏性土、砂及砾石等散状物料的压实，不得在水泥路面和其他坚硬地面作业。

(2) 作业前重点检查项目应符合下列要求：

a) 各部件连接良好，无松动；

b) 内燃冲击夯有足够的润滑油，油门控制器转动灵活；

c) 电动冲击夯有可靠的接零或接地，电缆线表面绝缘完好。

(3) 内燃冲击夯起动后，内燃机应怠速运转 3 min～5 min，然后逐渐加大油门，待夯机跳动稳定后，方可作业。

(4) 电动冲击夯在接通电源启动后，应检查电动机旋转方向，有错误时应倒换相线。

(5) 作业时应正确掌握夯机，不得倾斜，手把不宜握得过紧，能控制夯机前进速度即可。

(6) 正常作业时，不得使劲往下压手把，影响夯机跳起高度。在较松的填料上作业或上坡时，可将手把稍向下压，并应能增加夯机前进速度。

(7) 在需要增加密实度的地方，可通过手把控制夯机在原地反复夯实。

(8) 根据作业要求，内燃冲击夯应通过调整油门的大小，在一定范围内改变夯机振动频率。

(9) 内燃冲击夯不宜在高速下连续作业。在内燃机高速运转时不得突然停车。

(10) 电动冲击夯应装有漏电保护装置。操作人员必须戴绝缘手套、穿绝缘鞋。作业时，电缆线不应拉得过紧，应经常检查线头安装，不得松动以及由此引起漏电。严禁冒雨作业。

(11) 作业中，当冲击夯有异常的响声时，应立即停机检查。

(12) 当短距离转移时，应先将冲击夯手把稍向上抬起，将运输轮装入冲击夯的挂钩内，再压下手把，使重心后倾，方可推动手把转移冲击夯。

(13) 作业后，应清除夯板上的泥沙和附着物，保持夯机清洁，并妥善保管。

11. 风动凿岩机

(1) 风动凿岩机的使用条件：风压宜为 0.5 MPa～0.6 MPa，风压不得小于 0.4 MPa；水压应符合要求；压缩空气应干燥；水应用洁净的软水。

(2) 使用前，应检查风、水管，不得有漏水、漏气现象，并应采用压缩空气吹出风管内的水分和杂物。

(3) 使用前，应向自动注油器注入润滑油，不得无油作业。

(4) 将钎尾插入凿岩机机头，用手顺时针应能够转动钎子，如有卡塞现象，应排除后开钻。

(5) 开钻前，应检查作业面，周围石质应无松动，场地应清理干净，不得遗留瞎炮。

(6) 在深坑、沟槽、井巷、隧道、洞室施工时，应根据地质和施工要求，设置边坡、顶撑或固壁支护等安全措施，并应随时检查及严防冒顶塌方。

(7) 严禁在废炮眼上钻孔和骑马式操作，钻孔时，钻杆与钻孔中心线应保持一致。

(8) 风、水管不得缠绕、打结，并不得受各种车辆辗压。不应用弯折风管的方法停止供气。

(9) 开钻时，应先开风、后开水；停钻时，应先关水、后关风；并应保持水压低于风压、不得让水倒流入凿岩机气缸内部。

(10) 开孔时，应慢速运转，不得用手、脚去挡钎头。应待孔深达 10 mm～15 mm 后再逐渐转入全速运转。退钎时，应慢速徐徐拔出，若岩粉较多，应强力吹孔。

(11) 运转中，当遇卡钎或转速减慢时，应立即减少轴向推力；当钎杆仍不转时，应立即停机排除故障。

(12) 使用手持式凿岩机垂直向下作业时，体重不得全部压在凿岩机上，应防止钎杆断裂伤人。凿岩机向上方作业时，应保持作业方向并防止钎杆突然折断。并不得长时间全速空转。

(13) 当钻孔深度达 2 m 以上时，应先采用短钎杆钻孔，待钻到 1.0 m～1.3 m 深度后，再换用长钎杆钻孔。

(14) 在离地 3 m 以上或边坡上作业时，必须系好安全带。不得在山坡上拖拉风管，当需要拖拉时，应先通知坡下的作业人员撤离。

(15) 在巷道或洞室等通风条件差的作业面，必须采用湿式作业。在缺乏水源或不适合湿式作业的地方作业时，应采取防尘措施。

(16) 夜间或洞室内作业时，应有足够的照明。洞室施工应有良好的通风措施。

(17) 作业后，应关闭水管阀门，卸掉水管，进行空运转，吹净机内残存水滴，再关闭风管阀门。

12. 电动凿岩机

(1) 启动前，应检查全部机构及电气部分，并应重点检查漏电保护器；各控制器应处于零位；各部连接螺栓应紧固；各传动机构的摩擦面应润滑良好。确认正常后，方可通电。

(2) 通电后，钎头应顺时针方向旋转。当转向不对时，应倒相更正。

(3) 电缆线不得敷设在水中或在金属管道上通过。施工现场应设标志，严禁机械、车辆等在电缆上通过。

(4) 空载运转正常后，应按规定程序装上钎杆、钎头、接通水管，方可开眼钻孔。

(5) 钻机正转与反转、前进与后退，都应待主传动电动机或回转电动机完全停止后，方可换向。

(6) 钻孔时，当突然卡钎停钻或钎杆弯曲，应立即松开离合器，退回钻机。若遇局部硬岩层时，可操纵离合器缓慢推动，或变更转速和推进量。

(7) 钻孔时，应在推进结束前迅速拨开离合器，避免超过行程使钻机受损。

(8) 作业中，如发生异响，应立即停机检查。

(9) 移动钻机应有专人指挥。移动时，应把钻具提到一定高度并固定。移动后，机身应摆平，不得倾斜作业。

(10) 作业后，应擦净尘土、油污，妥善保管在干燥地点，防止电动机受潮。

第三节　混凝土机械及安全生产技术

一、混凝土机械的种类及安全生产技术

混凝土机械按其在工程中的作用分为混凝土搅拌机、混凝土搅拌站、混凝土搅拌输送

车、混凝土泵、混凝土泵车、混凝土振动器等，其在使用中应注意的安全事项为：

(1) 混凝土机械的作业场地应有良好的排水条件，机械近旁应有水源，机棚内应有良好的通风、采光及防雨、防冻设施，并不得有积水。

(2) 固定式机械应有可靠的基础，移动式机械应在平坦坚硬的地坪上用方木或撑架架牢，并应保持水平。

(3) 当气温降到5℃以下时，管道、水泵、机内均应采取防冻保温措施。

(4) 作业后，应及时将机内、水箱内、管道内的存料、积水放尽，并应清洁保养机械，清理工作场地，切断电源，锁好开关箱。

(5) 装有轮胎的机械，转移时拖行速度不得超过15 km/h。

二、混凝土搅拌机

1. 混凝土搅拌机的种类

混凝土搅拌机按其传动出料方式的不同可分为：锥形反转出料搅拌机、锥形倾翻出料搅拌机、立轴涡桨式搅拌机和单卧轴强制式搅拌机。施工现场常用的搅拌机是锥形反转出料的搅拌机。

(1) 锥形反转出料搅拌机

锥形反转出料搅拌机主要由搅拌机构、上料装置、供水系统和电气部分组成。

(2) 锥形倾翻出料搅拌机

搅拌筒通过中心锥形轴支承在倾翻机架上，在筒底沿轴向布置3片搅拌叶片，筒的内壁装有衬板。搅拌筒安装在倾翻机架上，由2台电动机带动旋转，整个倾翻机架和搅拌筒在气缸作用下完成倾翻卸料作业。

(3) 立轴涡桨式搅拌机

立轴涡桨式搅拌机主要由动力系统、进出料机构、搅拌机构、操纵机构和机架等组成。

(4) 单卧轴强制式搅拌机

单卧轴强制式搅拌机是由动力系统、搅拌机构、上料装置、操纵机构、倾翻出料装置、供水及电气系统等组成。

2. 混凝土搅拌机使用安全技术

(1) 固定式搅拌机应安装在牢固的台座上。当长期固定时，应埋置地脚螺栓；在短期使用时，应在机座上铺设木枕并找平放稳。

(2) 固定式搅拌机的操纵台，应使操作人员能看到各部工作情况。电动搅拌机的控制台，应垫上橡胶板或干燥木板。

(3) 移动式搅拌机的停放位置应选择平整坚实的场地，周围应有良好的排水沟渠。就位后，应放下支腿将机架顶起达到水平位置，使轮胎离地。当使用期较长时，应将轮胎卸下妥善保管，轮轴端部用油布包扎好，并用枕木将机架垫起支牢。

(4) 对需设置上料斗地坑的搅拌机，其坑口周围应垫高夯实，应防止地面水流入坑内。上料轨道架的底端支承面应夯实或铺砖，轨道架的后面应采用木料加以支承，应防止作业时轨道变形。

(5) 料斗放到最低位置时，在料斗与地面之间，应加一层缓冲垫木。

(6) 混凝土搅拌机在作业前重点检查的项目应符合下列要求：

a) 电源电压升降幅度不超过额定值的5%；

b) 电动机和电器元件的接线牢固，保护接零或接地电阻符合规定；

c) 各传动机构、工作装置、制动器等均紧固可靠，开式齿轮、皮带轮等均有防护罩；

d) 齿轮箱的油质、油量符合规定。

(7) 混凝土搅拌机在作业前，应先启动搅拌机空载运转。应确认搅拌筒或叶片旋转方向与筒体上箭头所示方向一致。对反转出料的搅拌机，应使搅拌筒正、反转运转数分钟，并应无冲击抖动现象和异常噪音。

(8) 作业前，应进行混凝土搅拌机的料斗提升试验，应观察并确认离合器、制动器灵活可靠。

(9) 应检查并校正混凝土搅拌机供水系统的指示水量与实际水量的一致性。当误差超过2%时，应检查管路的漏水点，或应校正节流阀。

(10) 应检查骨料规格并应与搅拌机性能相符，超出许可范围的不得使用。

(11) 搅拌机启动后，应使搅拌筒达到正常转速后再进行上料。上料时应及时加水。每次加入的拌合料不得超过搅拌机的额定容量并应减少物料粘罐现象，加料的次序应为石子→水泥→砂子或砂子→水泥→石子。

(12) 进料时，严禁将头或手伸入料斗与机架之间。运转中，严禁用手或工具伸入搅拌筒内扒料、出料。

(13) 在搅拌机作业中，当料斗升起时，严禁任何人在料斗下停留或通过。当需要在料斗下进行检修或清理料坑时。应将料斗提升后用铁链或插入销锁住。

三、混凝土搅拌站

1. 混凝土搅拌站简介

搅拌站常用的搅拌机是双卧轴强制式搅拌机。双卧轴强制式搅拌机是由传动系统、搅拌机构、上料装置、卸料装置和供水系统等组成。

2. 混凝土搅拌站使用安全技术

(1) 混凝土搅拌站的安装，应由专业人员按出厂说明书的规定进行，并应在技术人员主持下组织调试。在各项技术性能指标全部符合规定并经验收合格后，方可投产使用。

(2) 与搅拌站配套的空气压缩机、皮带输送机及混凝土搅拌机等设备，应执行JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第3.5、6.8、8.2节的规定。

(3) 混凝土搅拌站在作业前检查项目应符合下列要求：

a) 搅拌筒内和各配套机构的传动、运动部位及仓门、斗门、轨道等均无异物卡住；

b) 各润滑油箱的油面高度符合规定；

c) 打开阀门排放气路系统中气水分离器的过多积水，打开储气筒排污螺塞放出油水混合物；

d) 提升斗或拉铲的钢丝绳安装、卷筒缠绕均正确，钢丝绳及滑轮符合规定，提升料斗及拉铲的制动器灵敏有效；

e) 各部位螺栓已紧固，各进、排料阀门无超限磨损，各输送带的张紧度适当，不跑偏；

f）称量装置的所有控制和显示部分工作正常，其精度符合规定；

g）各电气装置能有效控制机械动作，各接触点和动、静触头无明显损伤。

（4）应按搅拌站的技术性能准备合格的砂、石骨料，粒径超出许可范围的不得使用。

（5）机组各部分应逐步启动。启动后，各部件运转情况和各仪表指示情况应正常，油、气、水的压力符合要求后，方可开始作业。

（6）作业过程中，在储料区内和提升斗下，严禁人员进入。

（7）搅拌筒启动前应盖好仓盖。机械运转中，严禁将手、脚伸入料斗或搅拌筒探摸。

（8）当拉铲被障碍物卡死时，不得强行起拉，不得用拉铲起吊重物，在拉料过程中，不得进行回转操作。

（9）搅拌机满载搅拌时不得停机，当发生故障或停电时，应立即切断电源，锁好开关箱，将搅拌筒内的混凝土清除干净，然后排除故障或等待电源恢复。

（10）搅拌站各机械不得超载作业。应检查电动机的运转情况，当发现运转声音异常或温升过高时，应立即停机检查。电压过低时不得强制运行。

（11）搅拌机停机前，应先卸载，然后按顺序关闭各部开关和管路。应将螺旋管内的水泥全部输送出来，管内不得残留任何物料。

四、混凝土搅拌输送车

1. 混凝土搅拌输送车及其分类

混凝土搅拌输送车是运输混凝土的专用车辆，由于它在运输过程中，装载混凝土的搅拌筒可作慢速旋转，有效地使混凝土不断受到搅动，防止产生分层离析现象，因而能保证混凝土的输送质量。

混凝土搅拌输送车的搅拌筒驱动装置有机械式和液压式2种，当前已普遍采用液压式。由于发动机的动力引出形式的不同，可分为飞轮取力、前端取力、前端卸料以及搅拌装置专用发动机单独驱动等形式。

2. 混凝土搅拌输送车使用安全技术

（1）混凝土搅拌输送车的汽车部分应执行JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第6.1、6.2、6.3节及附录C的规定。

（2）混凝土搅拌输送车的燃油、润滑油、液压油、制动液、冷却水等应添加充足，质量应符合要求。

（3）搅拌筒和滑槽的外观应无裂痕或损伤；滑槽止动器应无松弛和损坏；搅拌筒机架缓冲件应无裂痕或损伤；搅拌叶片磨损应正常。

（4）应检查动力取出装置并确认无螺栓松动及轴承漏油等现象。

（5）启动内燃机应进行预热运转，各仪表指示值正常，制动气压达到规定值，并应低速旋转搅拌筒3 min～5 min，确认一切正常后，方可装料。

（6）搅拌运输时，混凝土的装载量不得超过额定容量。

（7）搅拌输送车装料前，应先将搅拌筒反转，使筒内的积水和杂物排尽。

（8）装料时，应将操纵杆放在“装料”位置，并调节搅拌筒转速，使进料顺利。

（9）运输前，排料槽应锁止在“行驶”位置，不得自由摆动。

(10) 运输中，搅拌筒应低速旋转，但不得停转。运送混凝土的时间不得超过规定的时间。

(11) 搅拌筒由正转变为反转时，应先将操纵手柄放在中间位置，待搅拌筒停转后，再将操纵杆手柄放至反转位置。

(12) 行驶在不平路面或转弯处应降低车速至 15 km/h 下，并暂停搅拌筒旋转。通过桥、洞、门等设施时，不得超过其限制高度及宽度。

(13) 搅拌装置连续运转时间不宜超过 8 h。

(14) 水箱的水位应保持正常。冬季停车时，应将水箱和供水系统的积水放净。

(15) 用于搅拌混凝土时，应在搅拌筒内先加入总需水量 2/3 的水，然后再加入骨料和水泥按出厂说明书规定的转速和时间进行搅拌。

(16) 作业后，应先将内燃机熄火，然后对料槽、搅拌筒入口和托轮等处进行冲洗及清除混凝土结块。当需进入搅拌筒清除结块时，必须先取下内燃机电门钥匙，在筒外应设专人监护。

五、混凝土输送泵

1. 混凝土输送泵及其分类

混凝土泵是将混凝土沿管道连续输送到浇筑工作面的一种混凝土输送机械。

混凝土泵按其移动方式可分为拖式、固定式、臂架式和车载式等，常用的为拖式。按其驱动方法分为活塞式、挤压式和风动式，其中活塞式又可分为机械式和液压式。挤压式混凝土泵适用于泵送轻质混凝土，由于其压力小，故泵送距离短。机械式混凝土泵结构笨重，寿命短，能耗大。目前使用较多的是液压活塞式混凝土泵。

2. 混凝土输送泵使用安全技术

(1) 混凝土输送泵应安放在平整、坚实的地面上，周围不得有障碍物，在放下支腿并调整后应使机身保持水平和稳定，轮胎应换紧。

(2) 泵送管道的敷设应符合下列要求：

a) 水平泵送管道宜直线敷设。

b) 垂直泵送管道不得直接装接在泵的输出口上，应在垂直管前端加装长度不小于 20 m 的水平管，并在水平管近泵处加装逆止阀。

c) 敷设向下倾斜的管道时，应在输出口上加装一段水平管，其长度不应小于倾斜管高低差的 5 倍。当倾斜度较大时，应在坡度上端装设排气活阀。

d) 泵送管道应有支承固定，在管道和固定物之间应设置木垫作缓冲，不得直接与钢筋或模板相连，管道与管道间应连接牢固；管道接头和卡箍应扣牢密封，不得漏浆；不得将已磨损管道装在后端高压区。

e) 泵送管道敷设后，应进行耐压试验。

(3) 砂石粒径、水泥标号及配合比应按出厂规定，满足泵机可泵性的要求。

(4) 作业前应检查并确认泵机各部螺栓紧固，防护装置齐全可靠，各部位操纵开关、调整手柄、手轮、控制杆、旋塞等均在正确位置，液压系统正常无泄漏，液压油符合规定，搅拌斗内无杂物，上方的保护格网完好无损并盖严。

(5) 输送管道的管壁厚度应与泵送压力匹配，近泵处应选用优质管子。管道接头、密封圈及弯头等应完好无损。高温烈日下应采用湿麻袋或湿草袋遮盖管路，并应及时浇水降温，寒冷季节应采取保温措施。

(6) 应配备清洗管、清洗用品、接球器及有关装置。开泵前，无关人员应离开管道周围。

(7) 启动后，应空载运转，观察各仪表的指示值，检查泵和搅拌装置的运转情况，确认一切正常后，方可作业。泵送前应向料斗加入 10 L 清水和 0.3 m^3 泥砂浆润滑泵及管道。

(8) 泵送作业中，料斗中的混凝土平面应保持在搅拌轴轴线以上。料斗格网上不得堆满混凝土，应控制供料流量，及时清除超粒径的骨料及异物，不得随意移动格网。

(9) 当进入料斗的混凝土有离析现象时应停泵，待搅拌均匀后再泵送。当骨料分离严重，料斗内灰浆明显不足时，应剔除部分骨料，另加砂浆重新搅拌。

(10) 泵送混凝土应连续作业。当因供料中断被迫暂停时，停机时间不得超过 30min，暂停时间内应每隔 5 min～10 min(冬季 3 min～5 min)作 2～3 个冲程反泵-正泵运动，再次投料泵送前应先将料搅拌。当停泵时间超限时，应排空管道。

(11) 垂直向上泵送中断后再次泵送时，应先进行反向推送，使分配阀内混凝土吸回料斗，经搅拌后再正向泵送。

(12) 泵机运转时，严禁将手或铁锹伸入料斗或用手抓握分配阀。当需在料斗或分配阀上工作时，应先关闭电动机和消除蓄能器压力。

(13) 不得随意调整液压系统压力。当油温超过 70℃时，应停止泵送，但仍应使搅拌叶片和风机运转，待降温后再继续运行。

(14) 水箱内应储满清水，当水质混浊并有较多砂粒时，应及时检查处理。

(15) 泵送时，不得开启任何输送管道和液压管道；不得调整、修理正在运转的部件。

(16) 作业中，应对泵送设备和管路进行观察，发现隐患应及时处理。对磨损超过规定的管子、卡箍、密封圈等应及时更换。

(17) 应防止管道堵塞。泵送混凝土应搅拌均匀，控制好坍落度。在泵送过程中，不得中途停泵。

(18) 当出现输送管堵塞时，应进行反泵运转，使混凝土返回料斗。当反泵几次仍不能消除堵塞，应在泵机卸载情况下，拆管排除堵塞。

(19) 作业后，应将料斗内和管道内的混凝土全部输出，然后对泵机、料斗、管道等进行冲洗。当用压缩空气冲洗管道时，进气阀不应立即开大，只有当混凝土顺利排出时，方可将进气阀开至最大。在管道出口端前方 10 m 内严禁站人，并应用金属网篮等收集冲出的清洗球和砂石粒。对凝固的混凝土，应采用刮刀清除。

(20) 作业后，应将两侧活塞转到清洗室位置，并涂上润滑油。各部位操纵开关、调整手柄、手轮、控制杆、旋塞等均应复位。液压系统应卸载。

六、混凝土输送泵车

1. 混凝土输送泵车及其分类

混凝土输送泵车是将混凝土泵装置安装在汽车底盘上，并用液压折叠式臂架(又称布

料杆)管道来输送混凝土。臂架具有变幅、曲折和回转3个动作,在其活动范围内可任意改变混凝土浇筑位置,在有效幅度内进行水平和垂直方向的混凝土输送,从而降低劳动强度,提高生产率,并能保证混凝土质量。

混凝土输送泵车按其底盘结构可为整体式、半挂式和全挂式,使用较多的是整体式。

2. 混凝土输送泵车使用安全技术

(1) 构成混凝土输送泵车的汽车底盘、内燃机、空气压缩机、水泵、液压装置等的使用,应执行JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第6.1、6.2、6.3、3.2、3.5、7.10节及附录C的规定。

(2) 输送泵车就位地点应平坦坚实,周围无障碍物,上空无高压输电线。泵车不得停放在斜坡上。

(3) 输送泵车就位后,应支起支腿并保持机身的水平和稳定。当用布料杆送料时,机身倾斜度不得大于3°。

(4) 混凝土输送泵车就位后,泵车应显示停车灯,避免碰撞。

(5) 混凝土输送泵车在作业前检查项目应符合下列要求:

a) 燃油、润滑油、液压油、水箱添加充足,轮胎气压符合规定,照明和信号指示灯齐全良好;

b) 液压系统工作正常,管道无泄漏,清洗水泵及设备齐全良好;

c) 搅拌斗内无杂物,料斗上保护格网完好并盖严;

d) 输送管路连接牢固,密封良好。

(6) 布料杆所用配管和软管应按出厂说明书的规定选用,不得使用超过规定直径的配管,装接的软管应拴上防脱安全带。

(7) 伸展布料杆应按出厂说明书的顺序进行。布料杆升离支架后方可回转。严禁用布料杆起吊或拖拉物件。

(8) 当布料杆处于全伸状态时,不得移动车身。作业中需要移动车身时,应将上段布料杆折叠固定,移动速度不得超过10 km/h。

(9) 不得在地面上拖拉布料杆前端软管。严禁延长布料配管和布料杆。当风力在六级及以上时,不得使用布料杆输送混凝土。

(10) 泵送管道的敷设,应按JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第8.5.2条的规定执行。

(11) 泵送前,当液压油温度低于15℃时,应采用延长空运转时间的方法提高油温。

(12) 泵送时应检查泵和搅拌装置的运转情况,监视各仪表和指示灯,发现异常,应及时停机处理。

(13) 料斗中混凝土面应保持在搅拌轴中心线以上。

(14) 泵送混凝土应连续作业。当因供料中断被迫暂停时,应按JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第8.5.10条的要求执行。

(15) 作业中,不得取下料斗上的格网,并应及时清除不合格的骨料或杂物。

(16) 泵送中当发现压力表上升到最高值,运转声音发生变化时,应立即停止泵送,并应采用反向运转方法排除管道堵塞。无效时,应拆管清洗。

(17) 作业后，应将管道和料斗内的混凝土全部输出，然后对料斗、管道等进行冲洗。当采用压缩空气冲洗管道时，管道出口端前方 10 m 内严禁站人。

(18) 作业后，不得用压缩空气冲洗布料杆配管，布料杆的折叠收缩应按规定顺序进行。

(19) 作业后，各部位操纵开关、调整手柄、手轮、控制杆、旋塞等均应复位，液压系统应卸荷，并应收回支腿，将车停放在安全地带，关闭门窗。冬季应放净存水。

七、混凝土振动器

1. 混凝土振动器的分类

混凝土振动器是一种借助动力通过一定装置作为振源产生频繁的振动，并使这种振动传给混凝土，以振动捣实混凝土的设备。

混凝土振动器的种类繁多。按传递振动的方式可分为内部式(插入式)、外部式(附着式、平板式)等；按振源的振动子形式可分为行星式、偏心式、往复式等；按使用振源的动力可分为电动式、内燃式、风动式、液压式等；按振动频率可分为低频(2 000 次/min～5 000 次/min)、中频(5 000 次/min～8 000 次/min)、高频(8 000 次/min～20 000 次/min)等。

(1) 内部式(插入式)

内部式(插入式)有软轴行星式、软轴偏心式和直联式 3 种。

(2) 外部式

外部式常用的有附着式、平板式 2 种。

2. 混凝土振动器使用安全技术

(1) 内部式(插入式)

a) 插入式振动器的电动机电源上，应安装漏电保护装置，接地或接零应安全可靠。

b) 操作人员应经过用电教育，作业时应穿戴绝缘胶鞋和绝缘手套。

c) 电缆线应满足操作所需的长度。电缆线上不得堆压物品或让车辆挤压。严禁用电缆线拖拉或吊挂振动器。

d) 使用前，应检查各部并确认连接牢固，旋转方向正确。

e) 振动器不得在初凝的混凝土、地板、脚手架和干硬的地面上进行试振。在检修或作业间断时，应断开电源。

f) 作业时，振动棒软管的弯曲半径不得小于 500 mm，并不得多于 2 个弯，操作时应将振动棒垂直地沉入混凝土，不得用力硬插、斜推或让钢筋夹住棒头，也不得全部插入混凝土中，插入深度不应超过棒长的 3/4，不宜触及钢筋、芯管及预埋件。

g) 振动棒软管不得出现断裂，当软管使用过久使长度增长时，应及时修复或更换。

h) 作业停止需移动振动器时，应先关闭电动机，再切断电源。不得用软管拖拉电动机。

i) 作业完毕，应将电动机、软管、振动棒清理干净，并应按规定要求进行保养作业。振动器存放时，不得堆压软管，应平直放好，并应对电动机采取防潮措施。

(2) 外部式(附着式、平板式)

a) 附着式、平板式振动器轴承不应承受轴向力。在使用时，电动机轴应保持水平

状态。

b）在一个模板上同时使用多台附着式振动器时，各振动器的频率应保持一致，相对面的振动器应错开安装。

c）作业前，应对附着式振动器进行检查和试振。试振不得在干硬土或硬质物体上进行。安装在搅拌站料仓上的振动器，应安置橡胶垫。

d）安装时，振动器底板安装螺孔的位置应正确，应防止底脚螺栓安装扭斜而使机壳受损。底脚螺栓应紧固，各螺栓的紧固程度应一致。

e）使用时，引出电缆线不得拉得过紧，更不得断裂。作业时，应随时观察电气设备的漏电保护器和接地或接零装置并确认合格。

f）附着式振动器安装在混凝土模板上时，每次振动时间不应超过 1min 当混凝土在模内泛浆流动或成水平状即可停振，不得在混凝土初凝状态时再振。

g）装置振动器的构件模板应坚固牢靠，其面积应与振动器额定振动面积相适应。

h）平板式振动器作业时，应使平板与混凝土保持接触，使振波有效地振实混凝土，待表面出浆，不再下沉后，即可缓慢向前移动，移动速度应能保证混凝土振实出浆。在振的振动器，不得搁置在已凝或初凝的混凝土上。

第四节　钢筋机械及安全生产技术

一、钢筋机械

1. 钢筋机械的分类

钢筋机械是用于加工钢筋和钢筋骨架等作业的机械。按作业方式可分为钢筋强化机械、钢筋加工机械、钢筋焊接机械、钢筋预应力机械。

2. 钢筋机械使用安全技术

（1）钢筋加工机械中的电动机、液压装置、卷扬机的使用，应执行 JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第 3.4、4.7 节及附录 C 的规定。

（2）机械的安装应坚实稳固，保持水平位置。固定式机械应有可靠的基础；移动式机械作业时应楔紧行走轮。

（3）室外作业应设置机棚，机旁应有堆放原料、半成品的场地。

（4）加工较长的钢筋时，应有专人帮扶，并听从操作人员指挥，不得任意推拉。

（5）作业后，应堆放好成品，清理场地，切断电源，锁好开关箱，做好润滑工作。

二、钢筋强化机械

1. 钢筋强化机械分类

钢筋强化机械包括钢筋冷拉机、钢筋冷拔机、钢筋轧扭机等机械。

（1）钢筋冷拉机：它是对热轧钢筋在正常温度下进行强力拉伸的机械。冷拉是把钢筋拉伸到超过钢材本身的屈服点，然后放松，以使钢筋获得新的弹性阶段，提高钢筋强度（20%～25%）。通过冷拉不但可使钢筋被拉直、延伸，而且还可以起到除锈和检验钢材的

作用。

(2) 钢筋冷拔机：它是在强拉力的作用下将钢筋在常温下通过一个比其直径小0.5 mm～1.0 mm，的孔模(即钨合金拔丝模)，使钢筋在拉应力和压应力作用下被强行从孔模中拔过去，使钢筋直径缩小，而强度提高40%～90%，塑性则相应降低，成为低碳冷拔丝。

(3) 钢筋轧扭机：它是由多台钢筋机械组成的轧扭生产线，能连续地将直径6.5 mm～10 mm的普通盘圆钢筋调直、压扁、扭转、定长、切断、落料等完成钢筋轧扭全过程。

2. 钢筋强化机械使用安全技术

(1) 钢筋冷拉机使用安全技术

a) 应根据冷拉钢筋的直径，合理选用卷扬机。卷扬钢丝绳应经封闭式导向滑轮并和被拉钢筋水平方向成直角。卷扬机的位置应使操作人员能见到全部冷拉场地，卷扬机与冷拉中线距离不得少于5 m。

b) 冷拉场地应在两端地锚外侧设置警戒区，并应安装防护栏及警告标志。无关人员不得在此停留。操作人员在作业时必须离开钢筋2 m以外。

c) 用配重控制的设备应与滑轮匹配，并应有指示起落的记号，没有指示记号时应有专人指挥。配重框提起时高度应限制在离地面300 mm以内，配重架四周应有栏杆及警告标志。

d) 作业前，应检查冷拉夹具，夹齿应完好，滑轮、拖拉小车应润滑灵活，拉钩、地锚及防护装置均应齐全牢固。确认良好后，方可作业。

e) 卷扬机操作人员必须看到指挥人员发出信号，并待所有人员离开危险区后方可作业。冷拉应缓慢、均匀。当有停车信号或见到有人进入危险区时，应立即停拉，并稍稍放松卷扬钢丝绳。

f) 用延伸率控制的装置，应装设明显的限位标志，并应有专人负责指挥。

g) 夜间作业的照明设施，应装设在张拉危险区外。当需要装设在场地上空时，其高度应超过5 m。灯泡应加防护罩，导线严禁采用裸线。

h) 作业后，应放松卷扬钢丝绳，落下配重，切断电源，锁好开关箱。

(2) 钢筋冷拔机使用安全技术

a) 钢筋冷拔机在每天使用前应检查并确认机械各连接件牢固，模具无裂纹，轧头和模具的规格配套，然后启动主机空运转，确认正常后，方可作业。

b) 在冷拔钢筋时，每道工序的冷拔直径应按机械出厂说明书规定进行，不得超量缩减模具孔径，无资料时，可按每次缩减孔径0.5 mm～1.0 mm。

c) 轧头时，应先使钢筋的一端穿过模具长度达100 mm～150 mm，再用夹具夹牢。

d) 作业时，操作人员的手和轧锟应保持300 mm～500 mm的距离。不得用手直接接触钢筋和滚筒。

e) 冷拔模架中应随时加足润滑剂，润滑剂应采用石灰和肥皂水调和晒干后的粉末。钢筋通过冷拔模前，应抹少量润滑脂。

f) 当钢筋的末端通过冷拔模后，应立即脱开离合器，同时用手闸挡住钢筋末端。

g）拔丝过程中，当出现断丝或钢筋打结乱盘时，应立即停机，在处理完毕后，方可开机。

（3）钢筋轧扭机使用安全技术

a）在控制台上的操作人员必须注意力集中，发现钢筋乱盘或打结时，要立即停机，待处理完毕后，方可开机。

b）运转过程中，任何人不得靠近旋转部件。机械周围不准乱堆异物，以防意外。

三、钢筋加工机械

1. 钢筋加工机械的分类

常用的钢筋加工机械为钢筋切断机、钢筋调直机、钢筋弯曲机、钢筋镦头机等。

（1）钢筋切断机：它是把钢筋原材和已矫直的钢筋切断成所需长度的专用机械。

钢筋切断机有机械传动式和液压式 2 种。

a）机械传动式：由电动机通过三角胶带轮和齿轮等减速后，带动偏心轴来推动连杆作往复运动。连杆端装有冲切刀片，它在与固定刀片相错的往复水平运动中切断钢筋。

b）液压传动式：电动机带动偏心轴旋转，使与偏心轴面接触的柱塞作往复运动，柱塞泵产生高压油进入油缸内，推动活塞驱使活动刀片前进，与固定在支座上的固定刀片相错切断钢筋。

（2）钢筋调直机：用于将成盘的钢筋和经冷拔的低碳钢丝调直。它具有一机多用功能，能在一次操作中完成钢筋调直、输送、切断，并兼有清除表面氧化皮和污迹的作用。

其原理为电动机经过三角胶带驱动调直筒旋转，实现钢筋调直工作。另外通过同在一电机的又一胶带轮传动来带动传动偏心轴，再经过两级齿轮减速，传到等速反向旋转的上压辊轴与下压辊轴，带动上下压辊相对旋转，从而实现调直和牵引运动。

（3）钢筋弯曲机：又称冷弯机。它是对经过调直、切断后钢筋，加工成构件中所需要配置的形状，如端部弯钩、梁内弓筋、起弯钢筋等。

钢筋弯曲机是由电动机经过三角胶带轮，驱动涡杆或齿轮减速器带动工作盘旋转。工作盘上有 9 个轴孔，中心孔用来插中心轴或轴套，周围的 8 个孔用来插成形轴或轴套。当工作盘旋转时，中心轴的位置不变化，而成形轴围绕着中心轴作圆弧转动，通过调整成形轴位置，即可将被加工的钢筋弯曲成所需形状。

（4）钢筋镦头机：预应力混凝土的钢筋，为便于拉伸，需要将其两端镦粗，镦头机就是实现钢筋镦头的设备。

钢筋镦头机均为冷镦机，按其动力传递的不同方式可分为机械传动和液压传动 2 种类型。机械传动为电动和手动，只适用于冷镦直径 5 mm 以下的低碳钢丝。液压冷镦机需有液压油泵配套，使用 10 型冷镦机最大镦头力为 100 kN，适用于冷镦直径为 5 mm 的高强度碳素钢丝；45 型冷镦机最大镦头力为 450 kN，适用于冷镦直径为 12 mm 普通低合金钢筋。

2. 钢筋加工机械使用安全技术

（1）钢筋切断机使用安全技术

a）接送料的工作平台应和切刀下部保持水平，工作台的长度应根据待加工材料长度

设置。

b）机械未达到正常运转时，不可切料。切料时，必须使用切刀的中、小部位，紧握钢筋对准刃口迅速投入。送料时应在固定刀片一侧握紧并压住钢筋，以防钢筋末端弹出伤人。严禁用两手分在刀片两边握住钢筋俯身送料。

c）不得剪切直径及强度超过机械铭牌额定的钢筋和烧红的钢筋。一次切断多根钢筋时，其截面积应在规定范围内。

d）切断短料时，手和切刀之间的距离应保持在 150 mm 以上。如手握端小于 400 mm 时，应采用套管或夹具将钢筋短头压住或夹牢。

e）运转中，严禁用手直接清除切刀附近的断头和杂物。钢筋摆动周围和切刀周围，不得停留非操作人员。

（2）钢筋调直机使用安全技术

a）在调直块未固定、防护罩未盖好前不得送料。作业中严禁打开各部位的防护罩及调整间隙。

b）当钢筋送入后，手与轮必须保持一定的距离，不得接近。

c）送料前，应将不直的料头切除，导向筒前应装一根 1 m 长的钢管，钢筋必须先穿过钢管再送入调直筒前端的导孔内。

（3）钢筋弯曲机使用安全技术

a）芯轴、挡铁轴、转盘等应无裂纹和损伤，防护罩坚固可靠，经空运转确认正常后，方可作业。

b）作业时，将钢筋需弯一端插入在转盘固定销的间隙内，另一端紧靠机身固定销，并用手压紧，检查机身固定销确实安放在挡住钢筋的一侧，方可开动。

c）作业中，严禁更换轴芯、销子和变换角度以及调速等作业，也不得进行清扫和加油。

d）严禁在弯曲钢筋的作业半径内和机身不设固定销的一侧站人。弯曲好的半成品，应堆放整齐，弯钩不得朝上。

（4）钢筋镦头机使用安全技术

a）冷镦机在使用前应根据钢筋直径，配换相应夹具。

b）冷镦机在每天使用前应检查并确认模具、中心冲头无裂纹，并应校正上下模具与中心冲头的同心度，紧固各部螺栓，作好安全防护。

c）启动后应先空运转，调整上下模具紧度，对准冲头模进行镦头校对，确认正常后，方可作业。

d）冷镦机在机械未达到正常转速时，不得镦头。当镦出的头大小不匀时，应及时调整冲头与夹具的间隙。冲头导向块应保持有足够的润滑。

四、钢筋焊接机械

1. 钢筋焊接机械的分类

焊接机械类型繁多，用于钢筋焊接的主要有对焊机、点焊机和手工弧焊机。

（1）对焊机：对焊机有 UN、UN_1、UN_5、UN_8 等系列，钢筋对焊常用的是 UN_1 系列。

这种对焊机专用于电阻焊接、闪光焊接低碳钢、有色金属等，按其额定功率不同，有 UN_1-25、UN_1-75、UN_1-100 型杠杆加压式对焊机和 UN_1-150 型气压自动加压式对焊机等。

(2) 点焊机：按照点焊机时间调节器的形式和加压机构的不同，可分为杠杆弹簧式(脚踏式)、电动凸轮式和气、液压传动式 3 种类型。按照上、下电极臂的长度，可分为长臂式和短臂式 2 种形式。

(3) 弧焊机：弧焊机可分为交流弧焊机(又称焊接变压器)和直流弧焊机 2 大类，直流弧焊机又有旋转式直流焊机(又称焊接发电机)和弧焊整流器 2 种类型。前者是由电动机带动弧焊发电机整流发电；后者是一种将交流电变为直流电的手弧焊电源。

2. 钢筋焊接机械使用安全技术

(1) 对焊机使用安全技术

a) 电焊机的使用应执行 JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第 12.1、12.4 节的规定。

b) 对焊机应安置在室内，并应有可靠的接地或接零。当多台对焊机并列安装时，相互间距不得小于 3 m，应分别接在不同相位的电网上，并应分别有各自的刀型开关。导线的截面不应小于表 6-2 的规定。

表 6-2　导线截面表

对焊机的额定功率/kVA	25	50	75	100	150	200	500
一次电压为 220 V 时导线截面/mm^2	10	25	35	45	—	—	—
一次电压为 380 V 时导线截面/mm^2	6	16	25	35	50	70	150

c) 焊接前，应检查并确认对焊机的压力机构灵活，夹具牢固，气压、液压系统无泄漏，一切正常后，方可施焊。

d) 焊接前，应根据所焊接钢筋截面，调整二次电压，不得焊接超过对焊机规定直径的钢筋。

e) 断路器的接触点、电极应定期光磨，二次电路全部连接螺栓应定期紧固。冷却水温度不得超过 40℃，排水量应根据温度调节。

f) 焊接较长钢筋时，应设置托架，配合搬运钢筋的操作人员。在焊接时应防止火花烫伤。

g) 闪光区应设挡板，与焊接无关的人员不得入内。

h) 冬季施焊时，室内温度不应低于 8℃。作业后，应放尽机内冷却水。

(2) 点焊机使用安全技术

a) 点焊机在作业前，应清除上、下两电极的油污。通电后，机体外壳应无漏电。

b) 启动前，应先接通控制线路的转向开关和焊接电流的小开关，调整好极数，再接通水源、气源，最后接通电源。

c) 焊机通电后，应检查电气设备、操作机构、冷却系统、气路系统及机体外壳有无漏电现象。电极触头应保持光洁。有漏电时，应立即更换。

d) 作业时，气路、水冷系统应畅通。气体应保持干燥。排水温度不得超过40℃，排水量可根据气温调节。

e) 严禁在引燃电路中加大熔断器。当负载过小使引燃管内电弧不能发生时，不得闭合控制箱的引燃电路。

f) 当控制箱长期停用时，每月应通电加热30 min。更换闸流管时应预热30 min。正常工作的控制箱的预热时间不得小于5 min。

(3) 弧焊机使用安全技术

a) 交流弧焊机使用安全技术

① 多台弧焊机集中使用时，应分接在三相电源网络上，使三相负载平衡。多台焊机的接地装置，应分别由接地极处引接，不得串联。

② 移动弧焊机时，应切断电源，不得用拖拉电缆的方法移动焊机。如焊接中突然停电，应立即切断电源。

b) 直流弧焊机使用安全技术

① 数台焊机要同一场地作业时，应逐台启动，避免启动电流过大，引起电源开关掉闸。

② 运行中，如需调节焊接电流和极性开关时，不得在负荷时进行。调节时，不得过快、过猛。

五、钢筋预应力机械

1. 钢筋预应力机械的分类

钢筋预应力机械是在预应力混凝土结构中，用于对钢筋施加张拉力的专用设备，分为机械式、液压式和电热式3种。常用的是液压式拉伸机。

液压式拉伸机是由液压千斤顶、高压油泵及连接两者之间的高压油管组成。

2. 钢筋预应力机械使用安全技术

(1) 千斤顶不允许在任何情况下超载和超过行程范围使用。

(2) 在使用千斤顶张拉过程中，应使顶压油缸全部回油，在顶压过程中，张拉油缸应予持荷，以保证恒定的张拉力，待顶压锚固完成时，张拉缸再回油。

(3) 油泵不宜在超负荷下工作，安全阀应按额定油压调整，严禁任意调整。

(4) 高压油泵运转前，应将各油路调节阀松开，然后开动油泵，待空载运转正常后，再紧闭回油阀，逐渐旋拧进油阀杆，增大载荷，并注意压力表指针是否正常。

第五节　装修机械及安全生产技术

装修机械是对建筑物结构的面层进行装饰施工的机械，是提高工程质量、作业效率、减轻劳动强度的机械化施工机具。它的种类繁多，按用途划分有灰浆制备机械、灰浆喷涂机械、涂料喷刷机械、地面修整机械、手持机具等。

装修机械使用安全技术基本要求：

1. 装修机械上的电动机、手持电动工具及液压装置的使用应执行 JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第 3.4、3.8 节及附录 C 的规定。

2. 装修机械上的刃具、胎具、模具、成型辊轮等应保证强度和精度，刃磨锋利，安装稳妥，紧固可靠。

3. 装修机械上外露的传动部分应有防护罩，作业时，不得随意拆卸。

4. 装修机械应安装在防雨、防风沙的机棚内。

5. 长期搁置后再用的机械，在使用前必须测量电动机绝缘电阻，合格后方可使用。

一、灰浆制备机械

1. 灰浆制备机械简介

灰浆制备机械是装修工程的抹灰施工中用于加工抹灰用的原材料和制备灰浆用的机械。它包括：筛砂机、淋灰机、灰浆搅拌机、纸筋灰拌合机等。在大中型火电建设项目中灰浆制备机械主要用于行政办公楼、汽机车间、冷却塔、烟囱以及锅炉筑炉等的加工抹灰用的原材料和制备灰浆用的机械。除一些属非定型产品外，以使用量较大的灰浆搅拌机为主要机械。

灰浆搅拌机是用来搅拌灰浆、砂浆的拌合机械。按搅拌方式划分有：立轴强制搅拌、单卧轴强制搅拌；按卸料方式划分有：活门卸料、倾翻卸料；按移动方式划分有：固定式、移动式。

2. 灰浆制备机械使用安全技术

(1) 固定式搅拌机应有牢靠的基础，移动式搅拌机应采用方木或撑架固定，并保持水平。

(2) 作业前应检查并确认灰浆搅拌机的传动机构、工作装置、防护装置等牢固可靠，三角胶带松紧度适当，搅拌叶片和筒壁间隙在 3 mm～5 mm 之间，搅拌轴两端密封良好。

(3) 启动后，应先使灰浆搅拌机空运转，检查搅拌叶旋转方向正确，方可加料加水，进行搅拌作业。加入的砂子应过筛。

(4) 运转中，严禁用手或木棒等伸进搅拌筒内，或在筒口清理灰浆。

(5) 作业中，当发生灰浆搅拌机故障不能继续搅拌时，应立即切断电源，将筒内灰浆倒出，排除故障后方可使用。

(6) 固定式搅拌机的上料斗应能在轨道上移动。料斗提升时，严禁斗下有人。

(7) 灰浆搅拌机在作业后，应清除机械内外砂浆和积料，用水清洗干净。

二、灰浆喷涂机械

1. 灰浆喷涂机械简介

灰浆喷涂机械是指对建筑物的内外墙及顶棚进行喷涂抹灰的机械。它包括灰浆输送泵以及输送管道、喷枪、喷枪机械手等辅助设备。在大中型火电建设项目中灰浆喷涂机械主要用于行政办公楼、汽机车间等的内外墙及顶棚进行喷涂抹灰。

灰浆输送泵按结构分有柱塞泵、挤压泵、隔膜泵等。

2. 灰浆喷涂机械使用安全技术

(1) 柱塞式、隔膜式灰浆泵

a) 灰浆泵应安装平稳。输送管路的布置宜短直、少弯头；全部输送管道接头应紧密连接，不得渗漏；垂直管道应固定牢固；管道上不得加压或悬挂重物。

b) 作业前应检查并确认球阀完好，泵内无干硬灰浆等物，各连接件紧固牢靠，安全阀已调整到预定的安全压力。

c) 泵送前，应先用水进行泵送试验，检查并确认各部位无渗漏。当有渗漏时，应先排除。

d) 被输送的灰浆应搅拌均匀，不得有干砂和硬块；不得混入石子或其他杂物；灰浆稠度应为 80 mm～120 mm。

e) 泵送时，应先开机后加料；应先用泵压送适量石灰膏润滑输送管道，然后再加入稀灰浆，最后调整到所需稠度。

f) 泵送过程应随时观察压力表的泵送压力，当泵送压力超过预调的 1.5 MPa 时，应反向泵送，使管道内部分灰浆返回料斗，再缓慢泵送。当无效时，应停机卸压检查，不得强行泵送。

g) 泵送过程不宜停机。当短时间内不需泵送时，可打开回浆阀使灰浆在泵体内循环运行。当停泵时间较长时，应每隔 3 min～5 min 泵送一次，泵送时间宜为 0.5 min，应防灰浆凝固。

h) 故障停机时，应打开泄浆阀使压力下降，然后排除故障。灰浆泵压力未达到零时，不得拆卸空气室、安全阀和管道。

i) 作业后，应采用石灰膏或浓石灰水把输送管道里的灰浆全部泵出，再用清水将泵和输送管道清洗干净。

(2) 挤压式灰浆泵

a) 挤压式灰浆泵在使用前，应先接好输送管道，往料斗加注清水，启动灰浆泵，当输送胶管出水时，应折起胶管，待升到额定压力时停泵，观察各部位应无渗漏现象。

b) 作业前，应先用水、再用白灰膏润滑输送管道后，方可加入灰浆，开始泵送。

c) 料斗加满灰浆后，应停止振动，待灰浆从料斗泵送完时，再加新灰浆振动筛料。

d) 泵送过程应注意观察压力表。当压力迅速上升，有堵管现象时，应反转泵送 2 转～3 转，使灰浆返回料斗，经搅拌后再泵送。当多次正反泵仍不能畅通时，应停机检查，排除堵塞。

e) 工作间歇时，应先停止送灰，后停止送气，并应防气嘴被灰堵塞。

f) 作业后，应对泵机和管路系统全部清洗干净。

三、涂料喷刷机械

1. 涂料喷刷机械的分类

涂料喷刷机械是对建筑物外墙表面进行喷涂装饰施工的机械，其种类很多常用的为喷浆泵、高压无气喷涂机等。在大中型火电建设项目中涂料喷刷机械主要用于行政办公楼、汽机车间、冷却塔、烟囱等的外墙表面进行喷涂装。

(1) 喷浆泵：喷浆泵是主要用作建筑物饰面喷石灰浆和大白浆的专用机具。具有结

构紧凑、性能稳定、操作方便、喷涂均匀等特点。按其结构不同可分为回转式、柱塞式、气压式等，常用的为回转式。

(2) 高压无气喷涂机：该机是利用高压泵提供的高压涂料，经过喷枪的特殊喷嘴，把涂料均匀雾化，实现高压无气喷涂工艺的机具。按其动力源不同可分为气动、电动、内燃3种；按涂料泵构造不同可分为活塞式、柱塞式、隔膜式3种。活塞式或柱塞式因直接接触涂料，容易磨损。隔膜式使用寿命长，适合于喷涂油料及水性涂料，因而成为涂料喷刷的常用机型。

2. 涂料喷刷机械使用安全技术

(1) 喷浆泵使用安全技术

a) 喷浆机使用的石灰浆的密度应为 1.06 g/cm^3～1.10 g/cm^3。

b) 喷涂前，应对石灰浆采用60目筛网过滤2遍。

c) 喷嘴孔径宜为 2.0 mm～2.8 mm。当孔径大于 2.8 mm 时，应及时更换。

d) 喷浆机的泵体内不得无液体干转。在检查电动机旋转方向时，应先打开料桶开关，让石灰浆流入泵体内部后，再开动电动机带泵旋转。

e) 作业后，应往料斗内注入清水，开泵清洗直到水清为止，再倒出泵内积水，清洗疏通喷头座及滤网，并将喷枪擦洗干净。

f) 喷浆机因不使用而长期存放前，应清除前、后轴承座内的石灰浆积料，堵塞进浆口，从出浆口注入机油约 50 mL。再堵塞出浆口，开机运转约 30 s，使泵体内润滑防锈。

(2) 高压无气喷涂机使用安全技术

a) 在高压无气喷涂机启动前，调压阀、卸压阀应处于开启状态，吸入软管、回路软管接头和压力表、高压软管及喷枪等均应连接牢固。

b) 喷涂燃点在21℃以下的易燃涂料时，必须接好地线，地线的一端接电动机零线位置，另一端应接涂料桶或被喷的金属物体。喷涂机不得和被喷物放在同一房间里，周围严禁有明火。

c) 作业前，高压无气喷涂机应先空载运转，然后用水或溶剂进行运转检查。确认运转正常后，方可作业。

d) 喷涂中，当喷枪堵塞时，应先将枪关闭，使喷嘴手柄旋转 180°，再打开喷枪用压力涂料排除堵塞物。当堵塞严重时，应停机卸压后，拆下喷嘴，排除堵塞。

e) 不得用手指试高压射流，射流严禁正对其他人员。喷涂间隙时，应随手关闭喷枪安全装置。

f) 高压软管的弯曲半径不得小于 250 mm，亦不得在尖锐的物体上用脚踩高压软管。

g) 作业中，当停歇时间较长时，应停机卸压，将喷枪的喷嘴部位放入溶剂内。

h) 作业后，应彻底清洗喷枪。清洗时不得将溶剂喷回小口径的溶剂桶内。应防产生静电火花引起着火。

四、地面修整机械

1. 地面修整机械简介

地面修整机械是对混凝土和水磨石地面进行磨平、磨光的地面修整机械，常用的为水

磨石机和地面抹光机。在大中型火电建设项目中地面修整机械主要用于行政办公楼和汽机车间。在此我们主要介绍水磨石机。

水磨石机：根据不同的作业对象和要求，水磨石机有以下几种形式：单盘旋转式和双盘对转式，主要用于大面积水磨石地面的磨平、磨光作业；小型侧卧式，主要用于墙裙、踢脚、楼梯踏步、浴池等小面积地面的磨平、磨光作业；立面式用于各种混凝土、水磨石的墙壁、墙围的磨光作业；还有一种磨盘是在耐磨材料中加入一定量人造金刚石制成的金刚石水磨石机，由于其磨削质量好而得到普遍采用。

2. 水磨石机使用安全技术

(1) 水磨石机宜在混凝土达到设计强度的70%～80%时进行磨削作业。

(2) 作业前，应检查并确认水磨石机的各连接件是否紧固，当用木槌轻击磨石发出无裂纹的清脆声音时，方可作业。

(3) 电缆线应离地架设，不得放在地面上拖动。电缆线应无破损，保护接地良好。

(4) 在接通电源、水源后，应手压扶把使磨盘离开地面，再启动电动机。并应检查确认磨盘旋转方向与箭头所示方向一致，待运转正常后，再缓慢放下磨盘，进行作业。

(5) 作业中，使用的冷却水不得间断，用水量宜调至工作面不发干为宜。

(6) 作业中，当发现磨盘跳动或异响，应立即停机检修。停机时，应先提升磨盘后关机。

(7) 更换新磨石后，应先在废水磨石地坪上或废水泥制品表面磨1 h～2 h，待金刚石切削刃磨出后，再投入工作面作业。

(8) 作业后，应切断电源，清洗各部位的泥浆，旋转在干燥处，用防雨布遮盖。

第六节　木工机械及安全生产技术

1. 木工机械的分类

木工机械种类繁多，除采伐机械和人造板机械外，木工机械按机械的加工性质和使用的刀具种类，大致可分为制材机械、细木工机械和附属机具3类。

制材机械包括：带锯机、圆锯机、框锯机等。

细木工机械包括：刨床、铣床、开榫机、钻孔机、榫槽机、车床、磨光机等。

附属机具包括：锯条开齿机、锯条焊接机、锯条滚压机、压料机、锉锯机、刃磨机等。

以下我们主要介绍制材机械中的带锯机、圆锯机和细木工机械中的木工刨床。

(1) 带锯机：带锯机是把带锯条环绕在锯轮上，使其转动，切削木材的机械。它的锯条的切削运动是单方向连续的，切削速度较快；它能锯割较大径级的圆木或特大方材，且锯割质量好；还可以采用单锯锯割，合理地看材下锯，因此制材等级率高，出材率高；同时锯条较薄锯路损失较少。故大多数制材车间均采用带锯机制材。

(2) 圆锯机：圆锯机构造简单，安装容易，使用方便，效率较高，应用比较广泛。但是它的锯路高度小，锯路宽度大，出材率低，锯切质量较差。主要由机架、工作台、锯轴、切削刀片、导尺、传动机构和安全装置等组成。

(3) 木工刨床用于方材或板材的平面加工，有时也用于成型表面的加工。工件经过

刨床加工后，不仅可以得到精确的尺寸和所需要的截面形状，而且可得到较光滑的表面。

根据不同的工艺用途，木工刨床可分为平刨、压刨、双面刨、三面刨、四面刨和刮光机等多种形式。

2. 木工机械安全生产技术

在大中型火电建设项目中经常所用的木工机械可分为 8 大类：木锯机、木刨床、木车床、木铣床、木磨床、开榫机、木刃机及其他。

木材加工原理与金属加工基本相似，但由于加工对象木材的天然生长物特性，以及由此而造成的木工机械刀具运动的高速度和机械自动化的低水平，使木材加工及产生的危害不同于其他加工形式。为消除和避免木材加工过程中的伤亡事故，木工机械设备加工过程中应采取安全技术措施，其共性安全技术措施如下：

(1) 每台木工机械必须装有安全防护装置和吸尘排屑装置。

(2) 每台木工机械在使用过程中必须保证在任何切削速度下使用任何刀具时，都不会产生有危害性的振动。

(3) 装在刀轴和心轴上的轴承因速度高，其轴向游隙不应过大，以免操作时发生危险。

(4) 凡是外露的皮带盘、转盘、转轴等都应用防护罩壳罩住，以防把衣服、辫子等卷进去。

(5) 每台木工机械其刀轴和电器应有连锁装置，以免装拆或更换刀具时，误触电源按钮，使刀具旋转，造成工伤事故。

(6) 有可能装自动进料器的木工机械，尽量安装自动进料装置。

(7) 在操作过程中，木料有弹回危险的地方，应装防弹装置，并应经常检查其是否可靠。

(8) 使用自动送料器也应有防护罩，以免操作者的手与送料辊的啮合点接触。

(9) 机床的周围应经常清理，因为碎木片和木屑、刨花可能造成滑倒，也可能发生火灾。

在大中型火电建设项目施工现场常用的木工机械为圆盘锯和平面刨。两种机械安全使用技术要点如下所述。

(1) 圆盘锯使用的安全生产技术：

a) 设备本身应设按钮开关控制，闸箱距设备距离不大于 3 m，以便在发生故障时，迅速切断电源。

b) 锯片必须平整坚固，锯齿尖锐有适当锯路，锯片不能有连续断齿，不得使用有裂纹的锯片。

c) 安全防护装置要齐全有效。分料器的厚薄适度，位置合适，锯长料时不产生夹锯；锯盘护罩的位置应固定在锯盘上方，不得在使用中随意转动；台面应设防护挡板，防止破料时遇节疤和铁钉弹回伤人；传动部位必须设置防护罩。

d) 锯盘转动后，应待转速正常时，再进行锯木料。所锯木料的厚度，以不碰到固定锯盘的压板边缘为限。

e) 木料接近到尾端时，要由下手拉料，不要用上手直接推送，推送时使用短木板顶

料，防止推空锯手。

f）木料较长时，两人配合操作。操作中，下手必须待木料超过锯片 20 cm 以外时，方可接料。接料后不要猛拉、应与送料配合。需要回料时，木料要完全离开锯片后再送回，操作时不能过早过快，防止木料碰锯片。

g）截断木料和锯短料时，就用推棍，不准用手直接进料，进料速度不能过快。下手接料必须用刨钩。木料长度不足 50 cm 的短料，禁止上锯。

h）需要换锯盘和检查维修时，必须拉闸断电，待完全停止转动后，再进行检修。

i）下料应堆放整齐，台面上以及工作范围内的木屑，应及时清除，不要用手直接擦抹台面。

（2）电平刨（手压刨）使用的安全生产技术：

a）应明确规定，除专业木工外，其他工种人员不得操作。

b）应检查刨刀的安装是否符合要求，包括刀片紧固程度，刨刀的角度，刀口出台面高度等。刀片的厚度、重量应均匀一致，刀架、夹板必须平整贴紧，紧固刀片的螺钉应嵌入槽内不少于 10 mm。

c）设备应装按钮开关，不得装扳把开关，防止误开机。闸箱距设备不大于 3 m，便于发生故障时，迅速切断电源。

d）使用前，应空转运行，转速正常无故障时，才可进行操作。刨料时，应双手持料。按料时应使用工具，不要用手直接按料，防止木料移动手按空发生事故。

e）刨木料小面时，手按在木料的上半部，经过刨口时，用力要轻，防止木料歪倒时手按刨口伤手。

f）短于 20 cm 的木料不得使用机械。长度超过 2 m 的木料，应由 2 人配合操作。

g）刨料前要仔细检查木料，有铁钉、灰浆等物要先清除，遇木节、逆茬时，要适当减慢推进速度。

h）需调整刨口和检查维修时，必须拉闸切断电源，待完全停止转动后进行。

i）台面上刨花，不要用手直接擦抹，周围刨花应及时清除。

j）电平刨的使用，必须装设灵敏可靠的安全防护装置。目前各地使用的防护装置不一，但不管何种形式，必须灵敏可靠，经试验认定确实可以起到防护作用。

防护装置安装后，必须专人负责管理，不能以各种理由拆掉。发生故障时，机械不能继续使用，必须待装置维修试验合格后，方可再用。

第七章　起重作业安全生产技术

在大中型火电建设项目的施工中土建和安装工程的施工都存在着大量的起重吊装作业。起重吊装作业前应详细勘查现场，按照工程特点及作业环境编制专项施工方案，并经技术负责人审核，批准后才能实施。起重吊装的索具吊具使用前，应按施工方案设计要求进行逐件检查验收。起重吊装作业应进行安全技术交底。

本章我们着重介绍起重工程中常用的棕绳、钢丝绳、链条、吊钩等常用的索具吊具；千斤顶、手拉葫芦、桅杆、卷扬机、地锚、滑轮、绞磨等常用的起重机具；构件及设备吊装方法，包括桅杆及滑移法吊装的种类和安全生产技术等内容。

第一节　起重作业通用安全生产技术

起重作业安全技术要求如下：

(1) 起重工必须经专门安全技术培训，考试合格持证上岗。严禁酒后作业。

(2) 起重工应健康，两眼视力均不得低于 1.0，无色盲、听力障碍、高血压、心脏病、癫痫病、眩晕、突发性昏厥及其他影响起重吊装作业的疾病与生理缺陷。

(3) 作业前必须检查作业环境、吊索具、防护用品。吊装区域无闲散人员，障碍已排除。吊索具无缺陷，捆绑正确牢固，被吊物与其他物件无连接，确认安全后方可作业。

(4) 大雨、大雪、大雾及风力六级以上(含六级)等恶劣天气，必须停止露天起重吊装作业。严禁在带电的高压线下或一侧作业。

(5) 在高压线垂直或水平方向作业时，必须保持表 7-1 所列的最小安全距离。

表 7-1　起重机与架空输电导线的最小安全距离

输电导线电压/kV	1 以下	1～15	20～40	60～110	220
允许沿输电导线垂直方向最近距离/m	1.5	3	4	5	6
允许沿输电导线水平方向最近距离/m	1	1.5	2	4	6

(6) 作业时必须执行安全技术交底，听从统一指挥。

(7) 使用起重机作业时，必须正确选择吊点的位置，合理穿挂索具，试吊。除指挥及挂钩人员外，严禁其他人员进入吊装作业区。

第二节　常用的索具和吊具

1. 棕绳

(1) 棕绳的性能和种类

a) 棕绳的特点与用途

棕绳具有质地柔韧、轻便、易于捆绑、结扣及解脱方便等优点，但其强度较低，易磨损、腐烂、霉变。一般棕绳的强度，只为相同直径钢丝绳的10%左右。因此，只能用于辅助性作业，如溜绳、捆绑绳和受力不大的缆风绳等，不适宜用在荷载大于500 kg或有冲击荷载的机动机械作业中。

b）棕绳的种类

按制造方法，棕绳分为土法制造和机器制造2种。

土法制造棕绳质量较差，不能在起重作业中使用。在起重作业中使用的是机制棕绳。机制棕绳质量较好，它分为吕宋绳、白棕绳、混合绳和线棕绳4种。

（2）棕绳的许用拉力计算

棕绳正常使用时允许承受的最大拉力为许用拉力，它是安全使用棕绳的主要参数。由于施工现场无资料可查，为满足安全生产，方便现场计算，棕绳的许用拉力一般采用以下经验公式估算：

$$S=\frac{45d^2}{K}$$

式中 S——许用拉力，N；

d——棕绳直径，mm；

K——安全系数。

棕绳的安全系数K取值，作一般吊装用时取≥3，吊索及缆风绳用≥6，重要起重吊装用10，旧绳使用时必须按新绳的50%许用拉力计算。

棕绳在使用过程中要经常注意有无磨损、有无腐蚀或虫咬、有无断股等，当负荷超过500 kg时，不能用棕绳捆绑起重。

2. 钢丝绳

钢丝绳具有断面相同、强度高、弹性大、韧性高、挠性好、承载力强、耐磨、高速运行平稳并能承受冲击荷载且噪声低等特点，它在断前有断丝现象的预兆，容易检查，便于预防事故，因此，在起重作业中广泛应用，是吊装中的主要绳索，可用作起吊、牵引、捆扎等。

（1）钢丝绳的构造特点和种类

钢丝绳按捻制的方法分为单绕、双绕和三绕钢丝绳3种，双绕钢丝绳先是用直径0.4 mm～3 mm，强度140 kg/mm²～200 kg/mm²的钢丝围绕中心钢丝拧成股，再由若干股围绕绳芯，拧成整根的钢丝绳。双绕钢丝绳钢丝数目多，挠性大，易于绕上滑轮和卷筒，故在起重作业中应用的一般是双绕钢丝绳。

a）按照捻制的方向钢丝绳分为同向捻、交互捻、混合捻3种。

b）钢丝绳按绳股数及一股中的钢丝数多少可分为6股19丝、6股37丝、6股61丝等。日常工作中以6×19+1，6×37+1，6×61+1来表示。在钢丝绳直径相同的情况下，绳股中的钢丝数愈多，钢丝的直径愈细，钢丝愈柔软，挠性也就愈好。

c）钢丝绳按绳芯不同可分为麻芯（棉芯）、石棉芯和金属芯3种。用浸油的麻或棉纱作绳芯的钢丝绳比较柔软，容易弯曲，同时浸过油的绳芯可以润滑钢丝，防止钢丝生锈，又能减少钢丝间的摩擦，但不能受重压和在较高温度下工作。

d）钢丝绳的损坏是由局部逐步扩展到整体的，不会突然断裂，因此，增强了预见事故

的可能性。

(2) 钢丝绳的安全负荷

a) 钢丝绳的破断拉力

所谓钢丝绳的破断拉力即是将整根钢丝绳拉断所需要的拉力大小，也称为整条钢丝绳的破断拉力，用 S_P 表示，单位：千克力。

求整条钢丝绳的破断拉力 S_P 值，应根据钢丝绳的规格型号从金属材料手册中的钢丝绳规格性能表中查出钢丝绳破断拉力总和 $\sum s$ 值，再乘以换算系数 φ 值。即：

$$S_P = \sum s \cdot \varphi$$

实际上钢丝绳在使用时由于搓捻的不均匀，钢丝之间存在互相挤压和摩擦现象，各钢丝受力大小是不一样的，要拉断整根钢丝绳，其破断拉力要小于钢丝破断拉力总和，因此要乘一个小于 1 的系数，即换算系数 φ 值。

破断拉力换算系数如下：

当钢丝绳为 6×19+1 时，$\varphi=0.85$；

当钢丝绳为 6×37+1 时，$\varphi=0.82$；

当钢丝绳为 6×61+1 时，$\varphi=0.80$。

用查表来求钢丝绳破断拉力，虽然计算较准确，且必须要先查清钢丝绳的规格型号等，再查有关的手册，进行计算。但在工地上临时急用时，往往不知道钢丝绳的出厂说明规格，无手册可查，无法利用上述公式计算时，可利用下式估算：

$$S_P = \frac{1}{2}d^2$$

式中　S_P——钢丝绳破断拉力，t；

d——钢丝绳的直径，英分。

为了便以应用，以上公式可用口诀“钢丝直径用英分，破断负荷记为吨，直径平方被二除，即为破断负荷数”帮助记忆。

b) 钢丝绳的允许拉力和安全系数

为了保证吊装的安全，钢丝绳根据使用时的受力情况，规定出所能允许承受的拉力，叫钢丝绳的允许拉力。它与钢丝绳的使用情况有关，可通过计算取得。

钢丝绳的允许拉力低于钢丝绳破断拉力的若干倍，而这个倍数就是安全系数。钢丝绳的安全系数见表 7-2。

表 7-2　钢丝绳安全系数 K 值表

钢丝绳用途	安全系数 K	钢丝绳用途	安全系数 K
作缆风绳	3.5	作吊索时弯曲	6～7
缆索起重机承重绳	3.75	作捆绑吊索	8～10
手动起重设备	4.5	用于载人的升降机	14
机动起重设备	5～6		

(3) 钢丝绳的破坏及其原因

a）钢丝绳的破坏过程

钢丝绳在使用过程中经常受到拉伸、弯曲，钢丝绳容易产生“金属疲劳”现象，多次弯曲造成的弯曲疲劳是钢丝绳破坏的主要原因之一。

b）钢丝绳破坏原因

造成钢丝绳损伤及破坏的原因是多方面的。概括起来，钢丝绳损伤及破坏的主要原因大致有4个方面：

① 截面积减少：钢丝绳截面积减少是因钢丝绳内外部磨损、损耗及腐蚀造成的。

② 质量发生变化：钢丝绳由于表面疲劳、硬化及腐蚀引起质量变化。

③ 变形：钢丝绳因松捻、压扁或操作中产生各种特殊形变而引起钢丝绳变形。

④ 突然损坏。

（4）钢丝绳的报废

钢丝绳在使用过程中会不断的磨损、弯曲、变形、锈蚀和断丝等，不能满足安全使用时应予报废，以免发生危险。

（5）钢丝绳的安全使用与管理

为保证钢丝绳使用安全，必须在选用、操作维护方面做到下列各点：

a）根据承载状况选用适当规格的钢丝绳，不准超负荷使用，保证钢丝绳有足够的强度。

b）根据用途选择不同钢丝绳，如作捆绑用，则可选纤维芯钢丝绳，取其柔软性；如单绳起吊时，不可选用同向捻钢丝绳，以免扭转松散。

c）根据工作环境选择钢丝绳如石棉绳耐高温。

d）经常检查钢丝绳外观质量，不能有松捻、压扁、严重擦伤、过度磨损和化学腐蚀等现象。

e）运用正确的起吊方法，钢丝绳对重物是柔性约束，如绳的着力点不当或角度过大，使钢丝绳内应力增加，就有断裂的危险。

f）要特别注意钢丝绳的接头，如钢丝绳与卷筒的联结处必须牢固。两根钢丝绳的连接必须使用专用的绳卡，不可将钢丝绳打结使用。

g）经常保持钢丝绳清洁，定期涂抹无水防锈油或油脂。钢丝绳使用完毕，应用钢丝刷将上面的铁锈、脏垢刷去，不用的钢丝绳应进行维护保养，按规格分类存放在干净的地方。在露天存放的钢丝绳应在下面垫高，上面加盖防雨布罩。

h）钢丝绳在卷筒上缠绕时，要逐圈紧密地排列整齐，不应错叠或离缝。

3. 化学纤维绳

化学纤维绳又叫合成纤维绳。目前多采用绵纶、尼纶、维尼纶、乙纶、丙纶等合成纤维制成。

化学纤维绳具有重量轻、质地柔软、耐腐蚀、有弹性、能减少冲击的优点，它的吸水率只有4%，但对温度的变化较敏感。

在吊运表面光洁的零件、软金属制品、磨光的销轴或其他表面不许磨损的物体时，应使用化学纤维绳。

4. 链条

链条是由链环组成的起重器具，它具备容易弯曲、使用方便的特点，在起重机、电动葫芦中广泛使用。

链条有片式链和焊接链之分。片式链条一般安装在设备中用来传递动力；焊接链是一种起重索具，常用来作起重吊装索具。此处只介绍焊接链条。

焊接链的特点：焊接链挠性好，可以用较小直径的链轮和卷筒，因而减少了机构尺寸。

但焊接链的缺点不可忽略，它弹性小，自重大，链环接触处易磨损，不能随冲击载荷运动，运行速度低，安全性较差等。

当链条绕过导向滑轮或卷筒时，链条中产生很大的弯曲应力，这个应力随 D（滑轮或卷筒直径）与 d（链条圆钢直径）之比 D/d 的减少而增大。因此，要求：

人力驱动：$D \geqslant 20d$

机械驱动：$D \geqslant 30d$

5. 绳扣（千斤绳、带子绳、吊索）

绳扣是把钢丝绳插在两头带有特制金属鼻子或编插成环状的绳索，是用来连接重物与吊钩的吊装工具。它使用方便，应用广泛。

绳扣多是由人工插制的，也有用特制金属卡套压制而成的，人工插接的绳扣插接部分的长度应大于钢丝绳直径的 15 倍，并且不得短于 300 cm。

6. 卡环

卡环又叫卸扣或卸甲，用于绳扣（千斤绳、钢丝绳）与绳扣，或绳扣与构件或吊环之间的连接，它是起重作业中用得广泛且较灵便的拴连工具。

卡环由弯环与销子两部分组成，按弯环的形式分为直形和马蹄形 2 种，按销子与弯环的连接形式分，有螺旋式和销子式及半自动式 3 种，其中螺旋式卡环比较常用。

（1）卡环允许荷载的估算

卡环各部强度及刚度的计算比较复杂，在现场使用时很难进行精确的计算。为使用方便，现场施工可按下列的近似公式进行卡环的允许荷载计算：

$$P \approx 3.5 \times d^2$$

式中　d——销子的直径，mm；

P——允许荷载，kg。

（2）卡环的使用

a）卡环必须是锻造的，一般是用 20 号钢锻造后经过热处理而制成的。不能使用铸造的和补焊的卡环。

b）在使用时不得超过规定的荷载，并应使卡环销子与环底受力（即于高度方向），不能横向受力，横向使用卡环会造成弯环变形，尤其是在采用抽销卡环时，弯环的变形会使销子脱离销孔，钢丝绳扣柱易从弯环中滑脱出来。

c）抽销卡环经常用于柱子的吊装，它可以在柱子就位固定后，可在地面上用事先系在销子尾部的棕绳，将销子拉出，解开吊索，避免了摘扣时的高空作业，减少了不安全因素，提高了吊装效率。但在柱子的重量较大时，为提高安全度，须用螺栓式卡环。

7. 吊钩

吊钩是重要的取物装置，它承受着全部起重负荷。它的优点是取物方便，工作安全可靠。吊钩按制造方法可分为锻造吊钩和片式吊钩。前者为一整体锻件，锻造钩采用20号优质碳素钢，经过锻造和冲压，进行退火热处理，以消除残余的内应力，增加其韧性。要求硬度达到HB75～HB135，再进行机加工。片式吊钩由30 mm厚的钢板片铆合制成；按结构形式可分为单面吊钩和双面吊钩。单面吊钩结构简单，操作方便，一般在中小型的起重机上用，也是常用的起重工具之一。双面吊钩承载对称，常用于起重量大的场合。

(1) 在起重吊装作业中使用的吊钩，其表面要光滑，不能有剥裂、刻痕、锐角、接缝和裂纹等缺陷，并不准对磨损或有裂纹处进行补焊修理。

(2) 吊钩上应注有载重能力，如没有标记，在使用前应经过计算，确定载荷重量，并作动静载荷试验，在试验中经检查无变形、裂纹等现象后方可使用。

(3) 在起重机上用吊钩，应设有防止脱钩的吊钩保险装置。

(4) 当吊钩出现断面磨损、开口度变形、扭转变形、塑性变形、衬套磨损等超标时，均应报废。

8. 钢丝绳夹(又称卡扣)

钢丝绳夹主要用来固定钢丝绳末端或将2根钢丝绳固定在一起。常用的有骑马式绳夹、U形绳夹、L形绳夹和压板式绳夹，其中骑马式绳夹的应用比较广泛。选择绳夹时，必须使U形螺栓的内侧净距等于钢丝绳的直径。使用绳夹的数量和钢丝绳的直径有关，直径大的应多用。

9. 几种特制吊具

根据现场施工要求以及设备的特殊形体，有时需要制作一些专门的吊具，以满足起重吊装的需要。常用的几种特制吊具主要有三角架吊具、可调杠杆式吊具和起吊平放物体吊具等。

第三节　常用起重机具

一、千斤顶

千斤顶又叫举重器，是一种用比较小的力就能把重物升高、降低或移动的简单机具，结构简单，使用方便。在起重工作中应用很广。它用很小的力就能顶高很重的机械设备，还能校正设备安装的偏差和构件的变形等。它的承载能力，最重可达500 t，每次顶升高度一般为100 mm～400 mm，顶升速度可达10 mm/min～35 mm/min。此外，千斤顶还可以用于校正设备安装的偏差和钢结构的变形等。

1. 千斤顶的种类和特点

千斤顶按其构造的工作原理可分为3种类型：即螺旋式千斤顶、液压千斤顶和齿条式千斤顶，前两种千斤顶应用比较广泛。

(1) 齿条式千斤顶起重能力较小，一般为3 t～5 t，最大的起重量约为15 t。

(2) 螺旋式千斤顶起重量较大，可达5 t，它和齿条式千斤顶都能在水平方向操作

使用。

(3) 液压千斤顶具有起重量大、操作省力、上升平稳、安全可靠等优点，但它的上升速度比齿条式、螺旋式千斤顶要慢，一般的不能在水平方向操作使用，油压千斤顶的起重量为 5 t～30 t，最大可达 500 t；起升的高度为 100 mm～200 mm。油压千斤顶又分手动和电动的 2 种。

2. 千斤顶使用时的安全技术

(1) 千斤顶应放在干燥无尘的地方，不可日晒雨淋，使用时应擦洗干净，各部件灵活无损。

(2) 千斤顶使用前应检查各部分是否完好。液压千斤顶的安全栓，螺旋式千斤顶或齿条式千斤顶的螺纹或齿条的磨损超过 20%时，严禁使用。

(3) 千斤顶工作时，要放在平整、坚实的地面上，并要在其下面垫枕木、木板或钢板来扩大受压面积，防止塌陷。

(4) 千斤顶必须与荷重面垂直，其顶部与重物的接触面间应加防滑垫层，且不准超负荷使用。顶升的高度不得超过活塞上的标志线。

(5) 顶升时要随着物体的升高，在其下面用枕木垫好，以防千斤顶倾斜或回油而引起活塞突然下降。达到顶升高度后应及时将重物垫牢。

(6) 几台千斤顶同时作业时，应设置同步升降装置，要动作一致，保证同步顶升和降落，并且每个千斤顶的起重能力不能小于计算荷载的 1.2 倍。顶升时应由专人统一指挥确保各千斤顶的顶升速度及受力基本一致。

(7) 液压千斤顶的顶升高度不得超过限位标志线；螺旋及齿条式千斤顶的顶升高度不得超过螺杆或齿条高度的四分之三。

(8) 千斤顶的下降速度必须缓慢，严禁在带负荷的情况下使其突然下降。

二、手拉葫芦

手拉葫芦又称倒链或神仙葫芦，可用来起吊轻型构件、拉紧扒杆的缆风绳，及用在构件或设备运输时拉紧捆绑的绳索。它适用于小型设备和重物的短距离吊装，一般的起重量为 0.5 t～10 t，最大可达 20 t。倒链具有结构紧凑、手拉力小、使用稳当、携带方便、比其他的起重机械容易掌握等优点，它不仅是起重常用的工具，也常用做机械设备的检修拆装工具，因此是使用颇广的简易手动起重工具。

手拉葫芦使用时的安全技术：

(1) 使用前应空载检查，检查确认吊钩、链条、传动装置及刹车装置是否灵活无损；吊钩、链条、倒卡是否有变形；链条直径磨损量是否超过 15%，符合要求后方可继续使用。

(2) 2 台及 2 台以上链条葫芦起吊同一重物时，重物的重量应不大于每台链条葫芦的允许起重量。

(3) 起重链条不得打扭，亦不得拆成单股使用。

(4) 刹车片严防沾染油脂。

(5) 起重时，不能超出起重能力，在任何方向使用时，拉链方向应与链轮方向一致，防止手拉链脱槽，拉链子的力量应均匀，不能过快过猛。

(6) 要根据倒链的起重能力决定拉链的人数。起重能力在 5 t 以下的允许一人拉链；起重能力在 5 t 以上的允许两人拉链，不得随意增加拉链人数。如拉不动时，应查明原因再拉。

(7) 拉链时，操作人员不得站在手拉葫芦的正下方。

(8) 起吊重物中途停止时，要将手拉小链拴在起重链轮的大链上，以防时间过长而自锁失灵。

(9) 在使用中如发生卡链情况，应将重物垫好后方可进行检修。

三、扒杆与地锚

扒杆是一种常用的起吊机具。它配合卷扬机、滑轮组和绳索等进行起吊作业。这种机具由于结构比较简单，安装和拆除方便，对安装地点要求不高、适应性强等特点，在电力建设施工中的设备和大型构件安装中广泛使用。

地锚又称锚桩、锚点、锚锭、拖拉坑，起重作业中常用地锚来固定拖拉绳、缆风绳、卷扬机、导向滑轮等，地锚一般用钢丝绳、钢管、钢筋混凝土预制件、圆木等作埋件埋入地下做成。

地锚是固定卷扬机必需的装置，常用的形式有以下 3 种：

a) 桩式地锚；

b) 平衡重法；

c) 坑式地锚。

扒杆与地锚使用的安全生产技术：

(1) 新扒杆组装时，中心偏差不得大于总支撑长度的 1/1 000；多次使用过的扒杆再重新组装时，每 5 m 长度内中心偏差和局部塑性变形均不得大于 40 mm；在扒杆全长内，中心偏差不得大于总支撑长度的 1/200。

(2) 组装扒杆的连接螺栓必须坚固、可靠。

(3) 扒杆的基础应平整、坚实，不得有积水。

(4) 扒杆的连接板、扒杆头部和回转部分等，应每年对其变形、腐蚀、铆、焊或螺栓连接进行一次全面检查。在每次使用前也应进行认真检查。

(5) 扒杆至少应设 4 根揽风绳；人字扒杆应设 2 根风绳。向前倾斜的扒杆如不能设置前揽风绳时，必须在其后面架设牢固的支撑。

(6) 缆风绳与扒杆顶部及地锚的连接应牢固、可靠。缆风绳与地面的夹角一般不得大于 45°。

(7) 缆风绳越过主要道路时，其架空高度不得小于 7 m。缆风绳与架空输电线路及其他带电体的安全距离不得小于表 5-3 的规定。

(8) 地锚的分布和埋设深度应根据地锚的受力情况及土壤情况决定。

(9) 地锚坑引出线及其地下部分应进行防腐处理。地锚的埋设应平整，基坑不得有积水。

(10) 地锚坑中引出线露出地面的位置，其前面及两侧的 2 m 范围内不得有沟、洞、地下管道或地下电缆等。

(11) 地锚埋设后应进行详细的检查，试吊时应指定专人看守。

四、滑车及滑车组

滑车及滑车组是起重吊装、搬运作业中较常用的起重工具。滑车是由吊钩、链环、滑轮、轴、轴套和夹板等组成。

1. 滑车：滑车按轮数的多少分为单门、双门和多门滑车。按滑车与吊物的连接方式可分为吊钩式、链环式、吊环式和吊梁式 4 种。一般中小型的滑车多属于吊钩式、链环式和吊环式，如同大型滑车采用吊环式和吊梁式。按轮和轴的接触不同可分为轮轴间装滑动轴承和滚动轴承 2 种。按夹板是否可以打开分为开口滑车和闭口滑车。开口滑车的夹板是可以打开的，便于安装绳索，一般的都是单门滑车，它常用于扒杆底脚处作导向滑车用。滑车按使用的方式不同又分为定滑车和动滑车。

2. 滑车组：滑车组是由一定数量的定滑车和动滑车及绳索组成的。因为在吊重物时，不仅要改变力的方向，而且还要省力，这样单用定滑车或动滑车都不能解决问题。如果把定、动滑车连在一起组成滑车组，既能省力又能改变力的方向。如果把多门滑车和动滑车连接在一起，组成多门滑车组，能达到用较少的力来起吊重的物体，只要采用 0.5 t～15 t 的卷扬机牵引滑车组的出端头，就能吊起几吨或几百吨的物件。因此，滑车组是建筑安装起重作业中的一个使用广泛的起重工具。

五、绞磨

绞磨是一种使用较普遍的人力牵引工具，主要用于起重速度不快、没有电动卷扬机、亦没有电源的偏僻地区及牵引力不大的施工作业。

绞磨是由卷绕钢丝绳的磨芯、连接杆、磨杆及支承磨芯和连接杆的磨架等主要部分组成。绞磨的使用场地要平整宽敞，绞杠有足够的回转余地。绞磨前面第一个导向滑轮应与绞磨的磨芯中心在同一水平线上。钢丝绳在磨芯缠绕的圈数不得少于 3 圈。绞磨要与地锚拉接牢固，磨架不得倾斜或悬空。

1. 绞磨的绳扣与索具

(1) 棕绳。棕绳具有使用轻便、质软、携带方便、易于绑扎、结扣等优点，但它的强度低、易磨损和腐烂，只能用于辅助性作业，如溜绳、捆绑绳和受力不大的缆风绳等，不适用在荷载大及有冲击荷载的机动机械工作中。

(2) 钢丝绳。钢丝绳具有强度高、弹性大、韧性好、耐磨并能承受冲击荷载等特点。它破断前有断丝现象的预兆，容易检查、便于预防事故，因此，在起重作业中广泛应用，是吊装中的主要绳索。

(3) 绳扣(千斤绳、带子绳、吊索)。绳扣是把钢丝绳插在两头带有套鼻或编插成环状的绳索，是用来连接重物与吊钩的吊装专用工具。它使用方便，应用极广。

绳扣多是用人工编插的，也有用特制金属卡套压制而成的，人工插接的绳扣其编结部分的长度不得小于钢丝绳直径的 15 倍，并且不得短于 300 mm。

2. 绞磨使用时的安全技术

(1) 绞磨应与地锚连接牢固，受力后不得倾斜和悬空，起重钢丝绳在卷筒上缠绕不得

少于4圈，工作时，应设专人拉紧卷筒后面绳头。

(2) 绞磨必须装设制动器，当绞磨暂时停止转动时应用制动器锁住，且推杠人员不得离开。

(3) 松弛起重绳时，必须采用推杠反方向旋转控制，严禁采用松后尾拉绳的方法。

第四节 构件与设备吊装及安全生产技术

大型构件和设备的安装技术是建设工程的重要组成部分。而吊装技术是大型构件和设备安装技术的主要内容。在进行构件吊装前施工单位应编制专项吊装施工方案，它是施工组织设计的组成部分。专项吊装施工方案应根据吊装构件的质量、用途、形状和施工条件、环境选择吊装方案和吊装设备，吊装人员的组成，吊装顺序，构件校正、临时固定的方式，悬空作业的防护等。

一、构件和设备吊装作业要点

1. 选择吊点

根据被吊的构件的尺寸、形状、重量、材质等选择吊点。

(1) 当采用一个吊点起吊时，吊点必须在构件重心以上，使吊点与构件重心的连线和构件的横截面呈垂直。

(2) 当采用多个吊点起吊时，各吊点的合力作用点应在构件的重心以上，各吊索的交会点(起重机的吊钩位置)与构件重心的连线，和构件的支座面垂直。

2. 起重机的选择

应根据建筑工程结构的跨度、吊装高度、构件重量以及作业条件和现有起重机类型、起重机的起重量、提升高度、工作半径、起重臂长度等工作参数选择起重机。

3. 履带式起重机用于起重吊装作业时的要求

(1) 起重机应按照现行国家标准GB 6067《起重机械安全规程》和该机说明书的规定安装幅度指示器、超高限位器、力矩限制器等安全装置；

(2) 起重机工作前应先空载运行，并检查各安全装置的灵敏性，起吊重物时应离地面200 mm～300 mm停机，进行试吊检验，确认符合要求时，方可继续作业；

(3) 当起重机接近满负荷作业时，应避免起重臂杆与履带呈垂直方位；

(4) 当起重机吊物作短距离行走时，吊重不得超过额定起重量的70%，且吊物必须位于行车的正前方，用拉绳保持吊物的相对稳定。

4. 汽车、轮胎式起重机用于起重吊装作业时的要求

(1) 作业前应先伸出支腿，并采用方木或铁板垫实，调整水平度，锁牢定位销；

(2) 吊装作业时，汽车驾驶室内不得有人，重物不得超越驾驶室上方，且不得在车前区吊装；

(3) 除应按规定装设力矩限制器、超高限位器等安全装置外，还应装设偏斜调整和显示装置。

二、构件吊装作业要点

1. 混凝土构件运输、吊装时其强度对于一般构件规定不得低于设计强度的75%；桁架、薄壁等大型构件的强度则应达到100%。

2. 混凝土构件运输、堆放的支承方式应与设计安装位置一致。楼板叠放各层垫木应在同一垂直线上。屋架、梁的放置，除沿长度方向的两侧设置不少于三道撑木外，可将几榀屋架用方木、钢丝绑扎连接成一稳定整体。墙板应放置在专用的堆放架上，堆放架的稳定应经计算确定。

3. 采用双机抬吊时，应统一指挥相互配合，2台起重机吊索都应保持与地面呈垂直状态。除应合理分配荷载外，还应指挥使两机同步将构件吊离地面和同步落下就位。

4. 吊装的构件就位后，应经校正和临时固定后才能脱钩。

5. 吊装作业人员上下应有专用走道或梯子，严禁人员随起重机吊装构件上下。屋架支庵的垫铁及焊接工作，应站在脚手架或吊篮内进行，严禁站在柱顶或牛腿等处操作。

6. 钢结构吊装，必须按照施工方案要求搭设高处作业的安全防护措施。严禁作业人员攀爬构件上下和无防护措施的情况下人员在钢构件上作业、行走。

7. 钢柱吊装时，起重人员应站在作业平台或脚手架上作业，临边应有防护措施。人员上下应设专用梯道。

8. 安装钢梁时可在梁的两端挂脚手架，或搭设落地脚手架。当需在梁上行走时，应设置临边防护或沿梁一侧设置钢丝绳并拴挂在钢柱上做扶手绳，人员行走时应将安全带扣挂在钢丝绳上。

三、大型构件和设备吊装技术

大型构件和设备吊装技术的分类：自行式起重机吊装技术、桅杆起重机吊装技术、走线滑车吊装技术、集群千斤顶液压提升技术、滑移法吊装技术、特殊吊装技术。

1. 大型吊车的吊装

大型吊车吊装技术的基本原理就是利用吊车提升重物的能力，通过吊车旋转、变幅等动作，将工件吊装到指定的空间位置。

(1) 技术特点与适用范围

a) 吊装工艺计算简单；

b) 劳动强度低；

c) 工效高，施工速度快；

d) 控制相对集中；

e) 自动化程度高，自动报警功能先进；

f) 人机适应性好，操作简单舒适。

(2) 大型吊车的吊装分类

a) 单机吊装：即在吊车允许的回转范围和吊装半径内实现一定重工件的吊装。

b) 单机滑移法：在单机滑移时，主吊车臂杆不回转，只是吊钩提升，提升的速度应与工件底部滑移的速度相协调，保持主吊车的吊钩处于垂直状态。

c) 双机抬吊：应使用性能相同的起重机，作业时专人统一指挥，动作应协调一致，单机荷载不得超过额定起重量的80%。

d) 多机抬吊：多于3台时，应采用平衡轮、平衡梁等调节措施来调整各吊车的受力分配。同时每台吊车都要乘以75%的折减系数。

e) 偏心夺吊。

(3) 大型吊车吊装的安全规定

a) 双吊车吊装时，主吊车宜选择相同规格型号的大吊车，其吊臂长度、工作半径、提升滑轮组跑绳长度及吊索长度均应相等；

b) 辅助吊车吊装速度应与主吊车相匹配；

c) 根据三点确定一个刚体在空间方位的原理，溜尾宜采用单吊点；

d) 吊车吊钩偏角不应大于3°；

e) 吊车不应同时进行两种动作；

f) 多台吊车共同作业时，应统一指挥信号与指挥体系，并应有指挥细则。

2. 桅杆滑移法吊装

桅杆滑移法吊装是利用桅杆起重机提升滑轮组能够向上提升这一动作，设置尾排及其他索具配合，将立式静置工件吊装就位。

(1) 技术特点与适用范围

桅杆滑移法吊装技术有以下特点：

a) 工机具简单；

b) 桅杆系统地锚分散，其承载力较小；

c) 滑移法吊装时工件承受的轴向力较小；

d) 滑移法吊装一般不会对设备基础产生水平推力；

e) 作业覆盖面广；

f) 桅杆可灵活布置。

(2) 桅杆滑移法分类

a) 倾斜单桅杆滑移法

主要吊装机具为一根单金属桅杆及其配套系统。在吊装过程中，主桅杆吊钩提升设备上升，设备下部放于尾排上，通过牵引索具水平前行逐渐使设备直立。设备脱排后，由主桅杆提升索具将设备吊悬空，由溜尾索具等辅助设施调整，将工件就位。

b) 双桅杆滑移法

主要吊装机具为2根金属桅杆及其配套系统。2根主桅杆对称布置在设备的基础两侧。在吊装过程中，2根主桅杆的提升滑轮组抬吊设备的上部，设备下部放于尾排上，同时通过牵引索具拽拉使设备逐步直立到就位。

c) 直立单桅杆夺吊法

主要吊装机具为1根金属桅杆及其配套系统。主桅杆滑轮组提升工件上部，工件下部设拖排。为协助主桅杆提升索具向预定方向倾斜而设置索吊(引)索具以防止设备(工件)碰撞桅杆，并保持一定的间隙直到使其转向直立就位。

此方法不仅适用于完成工件高度低于桅杆的吊装任务，而且也能完成工件高度高于

桅杆的吊装任务。

d）倾斜单桅杆偏吊法

主要吊装机具为一根金属桅杆及其配套系统。主桅杆倾斜一定的角度布置，并且主吊钩应该预先偏离基础中心一定的距离。工件吊耳偏心并稍高于重心。工件在主桅杆提升滑轮组与尾排的共同作用下起吊悬空，呈自然倾斜状态，然后在工件底部加一水平夺吊（引）索具将工件拉正就位。

e）龙门桅杆滑移法

龙门桅杆通过上横梁以铰接的方式将2根单桅杆联结成门式桅杆，铰接点一般设在桅杆顶部正中。龙门桅杆以承受正压力为主，偏心距极小。吊装过程中，工件设1个或2个吊耳，通过绑扎在龙门桅杆横梁上的滑轮组提升，工件底部设尾排配合提升，其运动方式与双桅杆滑移法相似。

（3）桅杆滑移法吊装安全规定

a）吊装系统索具应处于受力合理的工作状态，否则应有可靠的安全措施。

b）当提升索具、牵引索具、溜尾索具、夺吊索具或其他辅助索具不得不相交时，应在适当位置用垫木将其隔开。

c）试吊过程中，发现有下列现象时，应立即停止吊装或使工件复位，判明原因妥善处理，经有关人员确认安全后，方可进行试吊：

① 地锚冒顶、位移；

② 钢丝绳抖动；

③ 设备或机具有异常声响、变形、裂纹；

④ 桅杆地基下沉；

⑤ 其他异常情况。

d）工件超越基础时，应与基础或地脚螺栓顶部保持200 mm以上的安全距离。

e）吊装过程中，应监测桅杆垂直度和重点部位（主风绳及地锚、后侧风绳及地锚、吊点处工件本体、提升索具、跑绳、导向滑轮、主卷扬机等）的变化情况。

f）吊装过程中，工件绝对禁止碰撞桅杆。

3. 桅杆扳转法吊装

桅杆扳转法吊装是指在立式静置设备或构件整体安装时，在工件的底部设置支撑回转铰链，用于配合桅杆，将工件围绕其铰轴从躺倒状态旋转至直立状态，以达到吊装工件就位的目的。

桅杆扳转法吊装工艺适用范围：适用于重型的塔类设备和构件的吊装，但不适用于工件基础过高的工件吊装。

（1）桅杆扳转法吊装分类

a）按工件简述桅杆的运动形式分为：

① 单转法；

② 双转法。

b）按桅杆的形式分为：

① 单桅杆扳转法；

② 双桅杆扳转法；

③ 人字(A 字)桅杆扳转法；

④ 门式桅杆扳转法。

c) 按工件上设置的扳吊点的数量分为：

① 单吊点扳吊法；

② 多吊点扳吊法。

d) 按桅杆底部机构分为：

① 立基础扳转法；

② 共用底铰扳转法。

目前成熟的桅杆扳转法吊装方法有以下 5 种：单桅杆单转法、双桅杆单转法、单桅杆双转法、人字(A 字)桅杆双转法、门式桅杆双转法。门式桅杆双转法也称为门架扳吊法，其桅杆系统的布置与下节的无锚点吊推法类似，但是受力系统的原理不一样，它不是自平衡起重机构，后挂滑轮组与地面上的地锚相连而不是与工件的下部相连。

(2) 桅杆扳转法吊装安全规定

a) 避免工件在扳转时产生偏移，地锚应用经纬仪定位。

b) 单转法吊装时，桅杆宜保持前倾 1°±0.5°。的工作状态；双转法吊装时，桅杆与工件间宜保持 89°±0.5°的初始工作状态。

c) 重要滑轮组宜串入拉力表监测其受力情况。

d) 前扳起滑轮组及索具与后扳起滑轮组及索具预拉力(主缆风绳预拉力)应同时进行调整。

e) 桅杆竖立时，应采取措施防止桅杆顶部扳起绳扣脱落，吊装前必须解除该固定措施。

f) 关键部位可用电阻应变仪结合电算进行局部应力监测。

g) 为保证两根桅杆的扳起索具受力均匀，应采用平衡装置。

h) 应在工件与桅杆扳转主轴线上设置经纬仪，监测其顶部偏移和转动情况。顶部横向偏差不得大于其高度的 1/1 000，且最大不得超过 600 mm。

4. 无锚点吊推法吊装

无锚点吊装技术的方法很多，它们的共同点在于利用自平衡装置的运动达到吊装工件就位的目的。自平衡起重装置由工件和推杆等吊装用具共同组成的一个封闭系统，突破了被吊物体作为被平衡对象的传统观念，而将其作为实现起重装置自平衡的一种必要手段。在这个系统里，当工件绕其下部铰链旋转竖立时，仅由系统内所受重力之相互作用而在工件纵轴线的旋转平面内实现稳定平衡。自平衡起重装置实现稳定平衡时，不需要也不应有重力以外的其他外力作用，故也称内平衡装置。

(1) 吊推法吊装

吊推法是既吊又推的吊装工艺。吊推法自平衡装置由吊推门架、前挂滑轮组、后挂滑轮组、推举滑轮组、铰链钢排、滑道、设备底铰链等组成。吊推法是以门架的水平位移来达到工件直立的目的，整个吊装过程实际上相似于连杆机构的运动。在吊推过程中，门架为吊具；门架底部用滑轮组与工件底部的旋转铰链轴杆相连形成推举滑轮组；门架顶部横梁

用滑轮组与工件前(后)吊挂点相连,组成前(后)挂滑轮组。门架上不需要设缆风绳,工件吊装时产生的水平力,由推举滑轮组索具拉紧时相互抵消。跑绳拉出力引向卷扬机与卷扬机锚点得以平衡。

(2) 适用范围

无锚点吊推法适用于塔类设备和构筑物的整体吊装,特别适用于施工场地狭窄、地势复杂和现场障碍物多的场合。

(3) 安全规定

a) 门架是工件吊推的重要机具,应检查门架制造和承载试验的证明文件,合格后方可使用。

b) 对工件在吊装中各不利状态下的强度与稳定性应进行核算,必要时采取加固措施。

c) 工件与铰链组焊接要严格按技术要求进行。焊缝要经过100%无损探伤。

d) 在门架的上、下横梁中心划出标记,用经纬仪随时监控门架左右的侧身移动量,及时反馈给指挥者以便调整。

e) 门架两立柱上应挂设角度盘来进行监测。

f) 门架底部的滚道上标出刻度,以此监测两底座移动的前后偏差。

5. 移动式龙门桅杆吊装

移动式龙门桅杆是受龙门吊的启发而设计出来供在工地上使用的一种吊装机具。吊装时,将移动龙门桅杆竖立在安装现场指定位置,确定龙门上横梁吊点的纵向投影线与工件就位时的纵轴线重合,然后在龙门架上拴挂起升用滑轮组,或在上横梁上安装起重小车。一切就绪后,将工件起吊到指定高度,通过大车行走或小车移动,将工件吊装到指定位置后降落直至就位。

(1) 移动式龙门桅杆的组成

移动式龙门桅杆一般都是由自行设计且满足一定功能的标准杆件和特殊杆件构成,具体包括:

a) 上横梁;

b) 立柱或支腿;

c) 行走机构;

d) 轨道;

e) 节点设计;

f) 小车。

(2) 技术特点与适用范围

适合于安装高度不高的重型工件吊装,尤其是在厂房已经建好、设备布局紧凑、场地狭窄等不能使用大型吊车吊装的情况下,它能完成卸车、水平移动、吊装就位的连续作业。该方法工艺简单,操作灵活,指挥方便。施工机具因地制宜选择,结构简单,制造组装方便。

(3) 安全规定

a) 龙门架的制作与验收必须遵守GB 50205—2001《钢结构工程施工质量验收规范》

的要求。

b）在施工现场，应标出龙门架的组对位置、工件就位时龙门架所到达的位置以及行走路线的刻度，以监测龙门架两侧移动的同步性，要求误差不小于跨度的1/2 000。

c）如果龙门架上设置两组以上起吊滑轮组，要求滑轮组的规格型号相同，并且选择相同的卷扬机。成对滑轮组应该位于与大梁轴线平行的直线上，前后误差不得大于两组滑轮组间距的1/3 000。

d）如果需要4套起吊滑轮组吊装大型工作，应该采用平衡梁。

e）如果龙门架采用两组以上卷扬机牵引行走，卷扬机的型号应该相同，同一侧的牵引索具选用一根钢丝绳做串绕绳，这样有利于两侧底座受力均匀，保证龙门架行走平衡、同步，其行走速度一般为0.05 m/s以下。

f）轨道平行度误差小于1/2 000，跨度误差小于1/5 000且不大于10 mm，两侧标高误差小于10 mm。

g）轨道基础一定要夯实处理，满足承载力的要求，跨越管沟的部位需要采取有效的加固措施。

h）如果工件吊装需要龙门架的高度很大，应该对龙门架采取缆风绳加固措施。

6. 滑移法

（1）技术特点与适用范围

滑移法是一种比较先进的施工方法，它具有设备工艺简单、施工速度快、费用低等优点。广泛用于周边支承的网架施工、桥梁工程中架设钢梁或预应力混凝土梁、钢结构屋盖安装以及大型设备在特定条件下的安装。

（2）滑移系统的组成

滑移系统依照其功能和复杂程度，可划分为导向系统、牵引系统、液压执行系统、电气系统和计算机控制系统等。随牵引方式的不同，其系统组成有所差异。

a）导链牵引的滑移系统

导向承重系统：轨道或滑槽，滚轮或滑块，托架支撑，可能还配有导向轮。

牵引系统：10 t以下导链，在轨道梁面上每隔3 m～6 m预埋一个挂环作为反力平衡锚点的绑扎点。

b）卷扬机牵引的滑移系统

导向承重系统：轨道或滑槽，滚轮或滑块，托架支撑，一般需要配有导向轮。

牵引系统：卷扬机，滑轮组，导向滑轮，钢丝绳，在轨道端部预埋吊耳作为反力平衡锚点的绑扎点。

c）液压牵引的滑移系统

导向承重系统：液压牵引一般采用滑槽和滑块进行滑移，在混凝土中间隔1 m～3 m预埋铁件，用电焊固定滑槽（槽钢）。

牵引系统：液压千斤顶，钢绞线，反力平衡架，钢绞线存储装置，钢绞线固定锚具。当每个牵引点采用单只液压千斤顶时，工件的滑移过程是不连续的，当千斤顶进油时工件运动，千斤顶回油时工件则处于暂停。为使得液压牵引系统连续工作，可采用双缸串联技术。将两只千斤顶前后串联，运行时使其行程相反，这样在作业的任一时刻总有一个在伸

缸，一个在缩缸，因而始终在做功，位移也就可以不间断地连续进行了。

(3) 滑移法牵引力计算分类

a) 滑动摩擦；

b) 滚动摩擦。

(4) 滑移法安全技术规定

a) 对刚度、强度不足的杆件如檩条等，应采取措施，以防滑移变形。

b) 以连接的方便和刚度划单元。

c) 滑移轨道要进行设计。

d) 统一指挥信号。

吊装作业必须遵守“十不吊”的原则。即：被吊物重量超过机械性能允许范围不吊；信号不清不吊；吊物下方有人不吊；吊物上站人不吊；埋在地下物不吊；斜拉斜牵物不吊；散物捆绑不牢不吊；立式构件、大模板等不用卡环不吊；零碎物无容器不吊；吊装物重量不明不吊。

第八章　起重吊装机械安全生产技术

起重机械是一种以间歇作业方式对物料进行起升、下降和水平移动的搬运机械。起重机械的作业通常带有重复循环的性质，一个完整的作业循环一般包括取物、起升、平移、下降、卸载等环节。经常起动、制动、正反向运动是起重机械的基本特点。在大中型电力建设工程施工中，无论是建筑还是安装施工中起重机械都有非常广泛的应用。

第一节　起重吊装机械安全生产技术

起重吊装机械安全生产技术：

（1）参加起重吊装作业人员，包括司机、起重机、信号指挥、电焊工等均应属特种作业人员，必须是经专业培训、考核取得合格证、并经体验确认可进行高处作业的人员。

（2）操作人员在作业前必须对工作现场环境、行驶道路、架空电线、建筑物以及构件重量和分布情况进行全面了解。

（3）现场施工负责人应为起重机作业提供足够的工作场地，清除或避开起重臂起落及回转半径内的障碍物。

（4）大型起重吊装作业前应详细勘察现场，按照工程特点及作业环境编制专项方案，并经企业技术负责人审批。其内容包括：现场环境及措施、工程概况及施工工艺、起重机械的选型依据、起重扒杆的设计计算、地锚设计、钢丝绳信索具的设计选用、地耐力及道路的要求、构件堆放就位图以及吊装过程中的各种防护措施等。

（5）各类起重机应装有音响清晰的喇叭、电铃或汽笛等信号装置。在起重臂、吊钩、平衡重等转动体上应标以鲜明的色彩标志。

（6）起重吊装的指挥人员必须持证上岗，作业时应与操作人员密切配合，执行规定的指挥信号。操作人员应按照指挥人员的信号进行作业。当信号不清或错误时，操作人员可拒绝执行。

（7）起重机械进入现场后应经检查验收，重新组装的起重机械应按规定进行试运转，包括静载、动载试验，并对各种安全装置进行灵敏可靠度的测试。扒杆按方案组装后应经试吊检验，确认符合要求方可使用。

（8）操纵室远离地面的起重机，在正常指挥发生困难时，地面及作业层（高空）的指挥人员均应采用对讲机等有效的通讯联络进行指挥。

（9）汽车式起重机除按规定进行定期的维修保养外，还应每年定期进行运转试验，包括额定荷载、超载试验，检验其机械性能、结构变形及负荷能力。达不到规定时，应减载使用。

（10）起重吊装索具吊具使用前施工方案设计要求进行逐件检查验收。

（11）起重机运行道路进行检查，达不到地耐力要求时应采用路基箱等铺垫措施。

(12) 起重吊装各种防护措施用料、脚手架的搭设以及危险作业区的围圈等准备工作应符合方案要求。

(13) 起重吊装作业前应进行安全技术交底，内容包括吊装工艺、构件重量及注意事项。

(14) 被吊重物应绑扎平衡、牢固，重物棱角处与钢丝绳之间应加衬垫。吊装气瓶等必须用专门吊篮。

(15) 重物起升和下降速度应平稳、均匀，不得突然制动。左右加转应平衡，当回转未停稳前不得做反向动作。起吊在满负荷或接近满负荷时，严禁降落臂杆或同时进行 2 个动作。

(16) 起重机的变幅指示器、力矩限制器、起重量限制器以及各种行程限位开关等安全保护装置应完好齐全、灵敏可靠，不得随意调整或拆除。严禁利用限制器和限位装置代替操纵机构。

(17) 操作人员进行起重机回转、变幅、行走和吊钩升降等动作前，应发出音响信号示意。

(18) 起吊物件应拉溜绳，速度要均匀，禁止突然制动和变换方向。操作控制器时，不得直接变换运转方向。

(19) 起重机作业时，起重臂和重物下方严禁有人停留、工作或通过。重物吊运时，严禁从人上方通过。严禁用起重机载运人员。

(20) 操作人员应按规定的起重性能作业，不得超载。在特殊情况下需超载使用时，必须经过验算，有保证安全的技术措施，并写出专题报告，经企业技术负责人批准，有专人在现场监护下，方可作业。

(21) 严禁使用起重机进行斜拉、斜吊和起吊地下埋设或凝固在地面上的重物以及其他不明重量的物体。现场浇注的混凝土构件或模板，必须全部松动后方可起吊。

(22) 起吊重物应绑扎平稳、牢固，不得在重物上再堆放或悬挂零星物件。易散落物件应使用吊笼栅栏固定后方可起吊。标有绑扎位置的物件，应按标记绑扎后起吊。吊索与物件的夹角宜采用 45°～60°，且不得小于 30°，吊索与物件棱角之间应加垫块。

(23) 起吊载荷达到起重机额定起重量的 90% 及以上时，应先将重物吊离地面 200 mm～500 mm 后，检查起重机的稳定性、制动器的可靠性、重物的平稳性、绑扎的牢固性，确认无误后方可继续起吊。对易晃动的重物应拴拉绳。

(24) 重物起升和下降速度应平稳、均匀，不得突然制动。左右回转应平稳，当回转未停稳前不得做反向动作。非重力下降式起重机，不得带载自由下降。

(25) 严禁起吊重物长时间悬挂在空中，作业中遇突发故障，应采取措施将重物降落到安全地方。并关闭发动机或切断电源后进行检修。在突然停电时，应立即把所有控制器拨到零位，断开电源总开关，并采取措施使重物降到地面。

(26) 当(履带)起重机如需带载行走时，载荷不得超过允许起重量的 70%。行走道路应坚实平整，重物应在起重机正前方向，重物离地面不得大于 500 mm，并应拴好拉绳，缓慢行驶。严禁长距离带载行驶。起重机的地面松软不平时，起吊禁止同时进行 2 个动作。

(27) 用两台或多台起重机吊运同一重物时，钢丝绳应保持垂直；各台起重机的升降、

运行应保持同步；各台机重机所承受的载荷均不得超过各处的额定起重能力。如达不到上述要求，应降低额定起重能力至80%，也可由总工程师根据实际情况降低额定起重能力使用。吊用时，总工程师应在场指导。

(28) 起重机在安全保护装置发生故障、失效或不准确时严禁带病作业。在作业中，严禁对传动部分、运动部分及运动件所及区域做维修、保养、调整等工作。传动部分应润滑良好。

(29) 当进行高处吊装作业或司机不能清楚地看到作业地点或信号时，设置信号传递人员。在自然光线不足的工作地点或在夜间进行工作，都应该设置足够的照明设备。

(30) 在露天有六级及以上大风或大雨、大雪、大雾等恶劣天气时，应停止起重吊装作业。雨雪过后作业前，应先试吊，确认制动器灵敏可靠后方可进行作业。

(31) 起重机不得靠近架空输电线路作业。起重机的任何部位与架空输电导线的安全距离不得小于表8-1的规定。

表8-1 起重机与架空输电导线的安全距离

安全距离	电压/kV				
	<1	1～15	20～40	60～110	220
沿垂直方向/m	1.5	3.0	4.0	5.0	6.0
沿水平方向/m	1.0	1.5	2.0	4.0	6.0

(32) 起重机使用的钢丝绳，应有钢丝绳制造厂签发的产品技术性能和质量的证明文件。当无证明文件时，必须经过试验合格后方可使用。

(33) 起重机使用的钢丝绳，其结构形式、规格及强度应符合该型起重机使用说明书的要求。钢丝绳与卷筒应连接牢固，放出钢丝绳时，卷筒上应至少保留3圈。收放钢丝绳时应防止钢丝绳打环、扭结、弯折和乱绳，不得使用扭结、变形的钢丝绳。使用编结的钢丝绳，其编结部分在运行中不得通过卷筒和滑轮。

(34) 钢丝绳采用编结固接时，编结部分的长度不得小于钢丝绳直径的20倍，并不应小于300 mm，其编结部分应捆扎细钢丝。当采用绳卡固接时，与钢丝绳直径匹配的绳卡的规格、数量应符合表8-2的规定。最后一个绳卡距绳头的长度不得小于140 mm，绳卡滑鞍(夹板)应在钢丝绳承载时受力的一侧，“U”形螺栓应在钢丝绳的尾端，不得正反交错。绳卡初次固定后，应待钢丝绳受力后再度紧固，并宜拧紧到使两绳直径高度压扁1/3。作业中应经常检查紧固情况。

表8-2 与绳径匹配的绳卡数

钢丝绳直径/mm	10以下	10～20	21～26	28～36	36～40
最少绳卡数/个	3	4	5	6	7
绳卡间距/mm	80	140	160	220	240

(35) 每班作业前，应检查钢丝绳及钢丝绳的连接部位。当钢丝绳在一个节距内断丝根数达到或超过表8-3根数时，应予报废。当钢丝绳表面锈蚀或磨损使钢丝绳直径显著减少时，应将表8-3报废标准按表8-4折减，并按折减后的断丝数报废。

(36) 向转动的卷筒上缠绕钢丝绳时，不得用手拉或脚踩来引导钢丝绳。钢丝绳涂抹润滑脂，必须在停止运转后进行。

表 8-3　钢丝绳报废标准(一个节距内的断丝数)

采用的安全系数	钢丝绳规格					
	6×19+1		6×37+1		6×61+1	
	交互捻	同向捻	交互捻	同向捻	交互捻	同向捻
6 以下	12	6	22	11	36	18
6～7	14	7	26	13	38	19
7 以上	16	8	30	15	40	20

表 8-4　钢丝绳锈蚀或磨损时报废标准的折减系数

钢丝绳表面锈蚀或磨损量/%	10	15	20	25	30～40	大于 40
折减系数	85	75	70	60	50	报废

(37) 起重机的吊钩和吊环严禁补焊。当出现下列情况之一时应更换：

a) 表面有裂纹、破口；

b) 危险断面及钩颈有永久变形；

c) 挂绳处断面磨损超过高度 10%；

d) 吊钩衬套磨损超过原厚度 50%；

e) 心轴(销子)磨损超过其直径的 3%～5%。

(38) 当起重机制动器的制动鼓表面磨损达 1.5 mm～2.0 mm(小直径取小值，大直径取大值)时，应更换制动鼓。同样，当起重机制动器的制动带磨损超过原厚度 50%时，应更换制动带。

第二节　履带式起重机及安全生产技术

1. 履带式起重机

在起重机的车轮上围绕钢质链条的起重机叫履带式起重机。

履带式起重机可以减轻对地面单位面积的压力，并能增加牵引能力，便于爬地和在不平的或松软的泥泞的地面上行使。

2. 履带式起重机安全生产技术

(1) 起重机应在平坦坚实的地面上作业、行走和停放。在正常作业时，坡度不得大于 3°，并应与沟渠、基坑保持安全距离。

(2) 作业时，起重臂的最大仰角不得超过出厂规定。当无资料可查时，不得超过 78°。

(3) 起重机变幅应缓慢平稳，严禁在起重臂未停稳前变换挡位。起重机载荷达到额定起重量的 90%及以上时，严禁下降起重臂。

(4) 在起吊载荷达到额定起重量的90%及以上时，升降动作应慢速进行，并严禁同时进行2种及以上动作。

(5) 采用双机抬吊作业时，应选用起重性能相似的起重机进行。抬吊时应统一指挥，动作应配合协调，载荷应分配合理，单机的起吊载荷不得超过允许载荷的80%。在吊装过程中，2台起重机的吊钩滑轮组应保持垂直状态。

(6) 当起重机如需带载行走时，载荷不得超过允许起重量的70%，行走道路应坚实平整，重物应在起重机正前方向，重物离地面不得大于500 mm，并应栓好拉绳，缓慢行驶。严禁长距离带载行驶。

第三节 汽车、轮胎式起重机及安全生产技术

1. 汽车、轮胎式起重机

装置在汽车底盘上的伸臂式旋转起重机。由起伸、旋转和改变外伸距离的变幅等机构组成，常用于装卸工作和安装工程中。

2. 汽车、轮胎式起重机安全生产技术

(1) 作业前，应全部伸出支腿，并在撑脚板下垫方木，调整机体使回转支承面的倾斜度在无载荷时不大于1/1 000(水准泡居中)。支腿有定位销的必须插上。底盘为弹性悬挂的起重机，放支腿前应先收紧稳定器。

(2) 应根据所吊重物的重量和提升高度，调整起重臂长度和仰角，并应估计吊索和重物本身的高度，留出适当空间。

(3) 起重臂伸缩时，应按规定程序进行，在伸臂的同时应相应下降吊钩。当限制器发出警报时，应立即停止伸臂。起重臂缩回时，仰角不宜太小。

(4) 起吊重物达到额定起重量的50%及以上时，应使用低速挡。

(5) 作业中发现起重机倾斜、支腿不稳等异常现象时，应立即使重物下降落在安全的地方，下降中严禁制动。

(6) 起吊重物达到额定起重量的90%以上时，严禁同时进行2种及以上的操作动作。

(7) 作业后，应将起重臂全部缩回放在支架上，再收回支腿。吊钩应用专用钢丝绳挂牢；应将车架尾部两撑杆分别撑在尾部下方的支座内，并用螺母固定；应将阻止机身旋转的销式制动器插入销孔，并将取力器操纵手柄放在脱开位置，最后应锁住起重操纵室门。

(8) 行驶时，严禁人员在底盘走台上站立或蹲坐，并不得堆放物件。

第四节 塔式起重机及安全生产技术

1. 塔式起重机的概念及分类

塔式起重机简称塔机，它是臂架安置在垂直的塔身顶部的可回转臂架型起重机。是现代工业和民用建筑中的重要起重设备，在大中型电力建设工程施工中，尤其在汽机车间、冷却塔、行政办公楼的建筑和锅炉、除尘装置的安装施工中得到了非常广泛的应用。

塔机在施工中主要用于建筑结构和工业设备的安装、吊运建筑材料和建筑构件。它的主要作用是重物的垂直运输和施工现场内的短距离水平运输。

塔式起重机的分类根据其不同的形式，可分类如下：

(1) 按结构形式分：

a) 固定式塔式起重机：通过连接件将塔身基架固定在地基基础或结构物上，进行起重作业的塔式起重机。

b) 移动式塔式起重机：具有运行装置，可以行走的塔式起重机。根据运行装置的不同，又可分为轨道式、轮胎式、汽车式、履带式。

c) 自升式塔式起重机：依靠自身的专门装置，增、减塔身标准节或自行整体爬升的塔式起重机。根据升高方式的不同又分为附着式和内爬式的 2 种。

附着式塔式机重机：按一定间隔距离，通过支撑装置将塔身锚固在建筑物上的自升塔式起重机。

内爬式塔式起重机：设置在建筑物内部，通过支承在结构物上的专门装置，使整机能随着建筑物的高度增加而升高的塔式起重机。

(2) 按回转形式分：

a) 上回转塔式起重机，回转支承设置在塔身上部的塔式起重机。又可分为塔帽回转式、塔顶回转式、上回转平台式、转柱式等形式。

b) 下回转塔式起重机，回转支承设置于塔身底部、塔身相对于底架转动的塔式起重机。

(3) 按架设方法分：

a) 非自行架设塔式起重机：依靠其他起重设备进行组装架设成整机的塔式起重机。

b) 自行架设塔式起重机：依靠自身的动力装置和机构能实现运输状态与工作状态相互转换的塔式起重机。

(4) 按变幅方式分：

a) 小车变幅塔式起重机：起重小车沿起重臂运行进行变幅的塔式起重机。

b) 动臂变幅塔式起重机：臂架作俯仰运动进行变幅的塔式起重机。

c) 折臂式塔式起重机：根据起重作业的需要，臂架可以弯折的塔式起重机。它可以同时具备动臂变幅和小车变幅的性能。

2. 塔式起重机的安全装置

(1) 起重力矩限制器。塔吊在吊装物体时，吊装半径和吊物重量的乘积是一个不变的定数。根据这个原理制作了起重力矩限制器，主要作用是防止超载的安全装置。力矩限制器仅对塔机臂架的纵向垂直平面内的超载力矩起防护作用，不能防护斜吊、风载、轨道的倾斜或陷落等引起的倾翻事故。

(2) 起重量限制器。起重量限制器的作用是保护起吊物品的重量不超过塔机允许的最大起重量，是用以防止塔机的吊物重量超过最大额定荷载，避免发生机械损坏事故。

(3) 起升高度限位器。起升高度限位器是用来限制吊钩接触到起重臂头部或载重小车之前，或是下降到最低点(地面或地面以下若干米)以前，使起升机构自动断电并停止工作，防止因起重钩起升过度而碰坏起重臂的装置。

(4) 幅度限位器。用来限制起重臂在俯仰时不超过极限位置的装置。当起重的俯仰到一定限度之前发出警报,当达到限定位置时,则自动切断电源。

(5) 行程限位器。① 小车行程限位器:设于小车变幅式起重臂的头部和根部,用来切断小车牵引机构的电路,防止小车越位。② 大车行程限位器:用来防止起重机脱轨。

(6) 夹轨钳。用来夹紧钢轨,防止遇到雷雨、大风,塔吊在大风或狂风的吹动下自行移动,造成塔吊的倾覆事故。保证塔吊在非工作状态时的稳固。

(7) 风速仪。自动记录风速,当超过六级风速以上时自动报警。

(8) 钢丝绳防脱槽装置。主要用以防止钢丝绳在传动过程中,脱离滑轮槽而造成钢丝绳卡死和损伤。

(9) 吊钩保险。防止起吊钢丝绳由于角度过大或挂钩不妥时,造成起吊钢丝绳脱钩,吊物坠落事故的装置。

3. 塔式起重机的安全生产技术

(1) 起重机的拆装必须由取得建设行政主管部门颁发的拆装资质证书的专业队进行,并应有技术和安全人员在场监护。

(2) 起重机拆装前,应按照出厂有关规定,编制拆装作业方法、质量要求和安全技术措施,经企业技术负责人审批后,作为拆装作业技术方案,并向全体作业人员交底。

(3) 起重机的轨道基础或混凝土基础应验收合格后,方可使用。

(4) 起重机的轨道基础两旁、混凝土基础周围应修筑边坡和排水设施,并应与基坑保持一定安全距离。

(5) 起重机的金属结构、轨道及所有电气设备的金属外壳,应有可靠的接地装置,接地电阻不应大于 4 Ω。

(6) 拆装作业前检查项目应符合下列要求:

a) 路基和轨道铺设或混凝土基础应符合技术要求;

b) 对所拆装起重机的各机构、各部位、结构焊缝、重要部位螺栓、销轴、卷扬机构和钢丝绳、吊钩、吊具以及电气设备、线路等进行检查,使隐患排除于拆装作业之前;

c) 对自升塔式起重机顶升液压系统的液压缸和油管、顶升套架结构、导向轮、顶升撑脚(爬爪)等进行检查,及时处理存在的问题;

d) 对采用旋转塔身法所用的主副地锚架、起落塔身卷扬钢丝绳以及起升机构制动系统等进行检查,确认无误后方可使用;

e) 对拆装人员所使用的工具、安全带、安全帽等进行检查,不合格者立即更换;

f) 检查拆装作业中配备的起重机、运输汽车等辅助机械,应状况良好,技术性能应保证拆装作业的需要;

g) 拆装现场电源电压、运输道路、作业场地等应具备拆装作业条件;

h) 安全监督岗的设置及安全技术措施的贯彻落实已达到要求。

(7) 起重机的拆装作业应在白天进行。当遇大风、浓雾和雨雪等恶劣天气时,应停止作业。

(8) 指挥人员应熟悉拆装作业方案,遵守拆装工艺和操作规程,使用明确的指挥信号进行指挥。所有参与拆装作业的人员,都应听从指挥,如发现指挥信号不清或有错误时,

应停止作业，待联系清楚后再进行。

(9) 拆装人员在进入工作现场时，应穿戴安全保护用品，高处作业时应系好安全带，熟悉并认真执行拆装工艺和操作规程，当发现异常情况或疑难问题时，应及时向技术负责人反映，不得自行其是，应防止处理不当而造成事故。

(10) 在拆装作业过程中，当遇天气剧变、突然停电、机械故障等意外情况，短时间不能继续作业时，必须使已拆装的部位达到稳定状态并固定牢靠，经检查确认无隐患后，方可停止作业。

(11) 起重机安装过程中，必须分阶段进行技术检验。整机安装完毕后，应进行整机技术检验和调整，各机构动作应正确、平稳、无异响，制动可靠，各安全装置应灵敏有效。在无载荷情况下，塔身和基础平面的垂直度允许偏差为 4/1 000。经分阶段及整机检验合格后，应填写检验记录，经技术负责人审查签证后，方可交付使用。

(12) 起重机塔身升降时，应符合下列要求：

a) 升降作业过程，必须有专人指挥，专人照看电源，专人操作液压系统，专人拆装螺栓。非作业人员不得登上顶升套架的操作平台。操纵室内应只准一人操作，必须听从指挥信号。

b) 升降应在白天进行，特殊情况需在夜间作业时，应有充分的照明。

c) 风力在四级及以上时，不得进行升降作业。在作业中风力突然增大达到四级时，必须立即停止，并应紧固上、下塔身各连接螺栓。

d) 顶升前应预先放松电缆，其长度宜大于顶升总高度，并应紧固好电缆卷筒。下降时应适时收紧电缆。

e) 升降时，必须调整好顶升套架滚轮与塔身标准节的间隙，应按规定使起重臂和平衡臂处于平衡状态，并将回转机构制动住。当回转台与塔身标准节之间的最后一处连接螺栓(销子)拆卸困难时，应将其对角方向的螺栓重新插入，再采取其他措施。不得以旋转起重臂动作来松动螺栓(销子)。

f) 升降时，顶升撑脚(爬爪)就位后，应插上安全销，方可继续下一动作。

g) 升降完毕后，各连接螺栓应按规定扭力紧固，液压操纵杆回到中间位置，并切断液压升降机构电源。

(13) 起重机的附着锚固应符合下列要求：

a) 起重机附着的建筑物，其锚固点的受力强度应满足起重机的设计要求。附着杆系的布置方式、相互间距和附着距离等，应按出厂使用说明书规定执行。有变动时，应另行设计。

b) 装设附着框架和附着杆件，应采用经纬仪测量塔身垂直度，并应采用附着杆进行调整，在最高锚固点以下垂直度允许偏差为 2/1 000。

c) 在附着框架和附着支座布设时，附着杆倾斜角不得超过 10°。

d) 附着框架宜设置在塔身标准节连接处，箍紧塔身。塔架对角处在无斜撑时应加固。

e) 塔身顶升接高到规定锚固间距时，应及时增设与建筑物的锚固装置。塔身高出锚固装置的自由端高度，应符合出厂规定。

f) 起重机作业过程中，应经常检查锚固装置，发现松动或异常情况时，应立即停止作业，故障未排除，不得继续作业。

g) 拆卸起重机时，应随着降落塔身的进程拆卸相应的锚固装置。严禁在落塔之前先拆锚固装置。

h) 遇有六级及以上大风时，严禁安装或拆卸锚固装置。

i) 锚固装置的安装、拆卸、检查和调整，均应有专人负责，工作时应系安全带和戴安全帽，并应遵守高处作业有关安全操作的规定。

j) 轨道式起重机作附着式使用时，应提高轨道基础的承载能力和切断行走机构的电源，并应设置阻挡行走轮移动的支座。

(14) 起重机内爬升时应符合下列要求：

a) 内爬升作业应在白天进行。风力在五级及以上时，应停止作业。

b) 内爬升时，应加强机上与机下之间的联系以及上部楼层与下部楼层之间的联系，遇有故障及异常情况，应立即停机检查，故障未排除，不得继续爬升。

c) 内爬升过程中，严禁进行起重机的起升、回转、变幅等各项动作。

d) 起重机爬升到指定楼层后，应立即拔出塔身底座的支承梁或支腿，通过内爬升框架固定在楼板上，并应顶紧导向装置或用楔块塞紧。

e) 内爬升塔式起重机的固定间隔不宜小于 3 个楼层。

f) 对固定内爬升框架的楼层楼板，在楼板下面应增设支柱作临时加固。搁置起重机底座支承梁的楼层下方两层楼板，也应设置支柱作临时加固。

g) 每次内爬升完毕后，楼板上遗留下来的开孔，应立即采用钢筋混凝土封闭。

h) 起重机完成内爬升作业后，应检查内爬升框架的固定、底座支承梁的紧固以及楼板临时支撑的稳固等，确认可靠后，方可进行吊装作业。

(15) 每月或连续大雨后，应及时对轨道基础进行全面检查。检查内容包括：轨距偏差、钢轨顶面的倾斜度、轨道基础的弹性沉陷、钢轨的不直度及轨道的通过性能等。对混凝土基础，应检查其是否有不均匀的沉降。

(16) 应保持起重机上所有安全装置灵敏有效，如发现失灵的安全装置，应及时修复或更换。所有安全装置调整后，应加封(火漆或铅封)固定，严禁擅自调整。

(17) 起重机作业前，应检查轨道基础平直无沉陷，鱼尾板联接螺栓及道钉无松动，并应清除轨道上的障碍物，松开夹轨器并向上固定好。

(18) 起动前重点检查项目应符合下列要求：

a) 金属结构和工作机构的外观情况正常；

b) 各安全装置和各指示仪表齐全完好；

c) 各齿轮箱、液压油箱的油位符合规定；

d) 主要部位连接螺栓无松动；

e) 钢丝绳磨损情况及各滑轮穿绕符合规定；

f) 供电电缆无破损。

(19) 作业前，应进行空载运转，试验各工作机构是否运转正常，有无噪音及异响，各机构的制动器及安全防护装置是否有效，确认正常后方可作业。

(20) 起吊重物时，重物和吊具的总重量不得超过起重机相应幅度下规定的起重量。

(21) 应根据起吊重物和现场情况，选择适当的工作速度，操纵各控制器时应从停止点(零点)开始，依次逐级增加速度，严禁越挡操作。在变换运转方向时，应将控制器手柄扳到零位，待电动机停转后再转向另一方向，不得直接变换运转方向、突然变速或制动。

(22) 提升重物，严禁自由下降。重物就位时，可采用慢就位机构或利用制动器使之缓慢下降。

(23) 提升重物作水平移动时，应高出其跨越的障碍物 0.5 m 以上。

(24) 作业中，当停电或电压下降时，应立即将控制器扳到零位，并切断电源。如吊钩上挂有重物，应稍松稍紧反复使用制动器，使重物缓慢地下降到安全地带。

(25) 作业中如遇六级及以上大风或阵风，应立即停止作业，锁紧夹轨器，将回转机构的制动器完全松开，起重臂应能随风转动。对轻型俯仰变幅起重机，应将起重臂落下并与塔身结构锁紧在一起。

(26) 作业中，操作人员临时离开操纵室时，必须切断电源，锁紧夹轨器。

(27) 作业完毕后，起重机应停放在轨道中间位置，起重臂应转到顺风方向，并松开回转制动器，小车及平衡重应置于非工作状态，吊钩宜升到离起重臂顶端 2 m～3 m 处。

(28) 停机时，应将每个控制器拨回零位，依次断开各开关，关闭操纵室门窗，下机后，应锁紧夹轨器，使起重机与轨道固定，断开电源总开关，打开高空指示灯。

(29) 检修人员上塔身、起重臂、平衡臂等高空部位检查或修理时，必须系好安全带。

(30) 在寒冷季节，对停用起重机的电动机、电器柜、变阻器箱、制动器等，应严密遮盖。

第五节　卷扬机及安全生产技术

1. 卷扬机

电动卷扬机主要由卷筒、减速器、电动机和控制器等部件组成。电动卷扬机由于起重能力大，速度变换容易，操作方便和安全，因此，在起重作业中是经常使用的一种牵引设备。

电动卷扬机种类较多，按动力系统分有人力驱动和电力驱动 2 种。按卷筒分有单筒和双筒 2 种。按传动方式分又有可逆齿轮箱式和摩擦式。按起重量分有 0.5 t、1 t、2 t、3 t、5 t、10 t、20 t 等。

电动卷扬机的固定通常采用的方法有：

a) 固定基础法；

b) 平衡重法；

c) 地锚法。

2. 卷扬机安全生产技术

(1) 安装时，基座应平衡牢固、四周排水畅通、地锚设置可靠，且上方应搭设防护工作棚。操作人员的位置应有良好的视野，能看清指挥人员和托动或起吊的物件。

(2) 作业前，应检查卷扬机与地面的固定，弹性联轴器不得松旷。并应检查安全装

置、防护设施、电气线路、接零或接地线、制动装置和钢丝绳等，并进行试车，待全部合格后方可使用。

(3) 使用皮带或开式齿轮传动的部分，均应设防护罩，导滑轮不得用开口式滑轮。

(4) 以动力正反转的卷扬机，卷筒旋转方向应与操纵开关上指示的方向一致。

(5) 卷筒与导向滑轮中心线应对正。卷筒中心线与导向滑轮中心线的距离：对平卷筒应不小于卷筒长度的 20 倍；对有槽卷筒应不小于卷筒长度的 15 倍。

(6) 从卷筒中心线到第一个导向滑轮的距离，带槽卷筒应大于卷筒宽度的 15 倍；无槽卷筒应大于卷筒宽度的 20 倍。当钢丝绳在卷筒中间位置时，滑轮的位置应与卷筒轴线垂直，其垂直度允许偏差为 6°。

(7) 钢丝绳应与卷筒及吊笼连接牢固，不得与机架或地面摩擦，通过道路时，应设过路保护装置。

(8) 在卷扬机制动操作杆的行程范围内，不得触及地面或有其他障碍物或阻卡现象。

(9) 卷筒上的钢丝绳应排列整齐，当重叠或斜绕时，应停机重新排列。严禁在转动中用手拉或脚踩钢丝绳。

(10) 作业时严禁向滑轮上套钢丝绳，严禁在卷筒、滑轮附近用手扶运行中的钢丝绳，不得跨越行走中的钢丝绳，不得在各导向滑轮内侧逗留或通过。吊起的重物必须在空中短时间停留时，应用棘爪锁住。

(11) 作业中，任何人不得跨越正在作业的卷扬钢丝绳；物件提升后，操作人员不得离开卷扬机；物件或吊笼下面严禁人员停留或通过；休息时应将物件或吊笼降至地面。

(12) 运行中如发现有异常情况，必须立即停机进行排除。

(13) 作业中停电时，应切断电源，将提升物件或吊笼降至地面。

(14) 作业完毕，应将提升吊笼或物件降至地面，并应切断电源，锁好开关箱。

第六节　桅杆式起重机及安全生产技术

1. 桅杆式起重机

桅杆式起重机也称抱杆，是一种常用的起吊机具。臂架下端与桅杆下部铰接，上端通过钢丝绳与桅顶相连，桅杆本身依靠顶部和底部支承保持直立状态的可回转臂架型起重机。

它配合卷扬机、滑轮组和绳索等进行起吊作业。这种机具由于结构比较简单，安装和拆除方便，对安装地点要求不高、适应性强等特点，在设备和大型构件安装中，广泛使用。

起重桅杆为立柱式，用绳索(缆风绳)绷紧立于地面。绷紧一端固定在起重桅杆的顶部，另一端固定在地面锚桩上。拉索一般不少于 3 根，通常用 4～6 根。每根拉索初拉力约为 10 kN～20 kN，拉索与地面成 30°～45°夹角，各拉索在水平投影面夹角不得大于 120°。

起重桅杆可直立地面，也可倾斜于地面(一般不大于 10°)。起重桅杆底部垫以枕木垛。起重桅杆上部装有起吊用的滑轮组，用来起吊重物。绳索从滑轮组引出，通过桅杆下部导向滑轮引至卷扬机。

桅杆的分类：

起重桅杆按其材质不同，可分为木桅杆和金属桅杆。木桅杆起重高度一般在 15 m 以内，起重量在 20 t 以下。木桅杆又可分为独脚、人字和三脚式 3 种。金属桅杆可分为钢管式和格构式。钢管式桅杆起重高度在 25 m 以内，起重量在 20 t 以下。格构式桅杆起重高度可达 70 m，起重量高达 100 t 以上。

2. 桅杆式起重机安全生产技术

(1) 桅杆式起重机的卷扬机应符合 JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第 4.7 节的规定。

(2) 起重机的安装和拆卸应划出警戒区，清除周围的障碍物，在专人统一指挥下，按照出厂说明书或制定的拆装技术方案进行。

(3) 安装起重机的地基应平整夯实，底座与地面之间应垫两层枕木，并应采用木块楔紧缝隙。

(4) 缆风绳的规格、数量及地锚的拉力、埋设深度等，应按照起重机性能经过计算确定，缆风绳与地面的夹角应在 30°～45°之间，缆绳与桅杆和地锚的连接应牢固。

(5) 缆风绳的架设应避开架空电线。在靠近电线的附近，应装有绝缘材料制作的护线架。

(6) 提升重物时，吊钩钢丝绳应垂直，操作应平稳，当重物吊起刚离开支承面时，应检查并确认各部无异常时，方可继续起吊。

(7) 在起吊满载重物前，应有专人检查各地锚的牢固程度。各缆风绳都应均匀受力，主杆应保持直立状态。

(8) 作业时，起重机的回转钢丝绳应处于拉紧状态。回转装置应有安全制动控制器。

(9) 起重机移动时，其底座应垫以足够承重的枕木排和滚杠，并将起重臂收紧处于移动方向的前方。移动时，主杆不得倾斜，缆风绳的松紧应配合一致。

第九章　运输机械安全生产技术

在电力建设工程的施工过程中，电力设施、建筑材料的水平和垂直运输以及施工人员的上下，需要依靠运输设施，特别是建筑材料的垂直运输和施工人员的上下离不开垂直运输机械。本章我们着重介绍载重汽车、自卸汽车、平板汽车、散装水泥车、机动翻斗车、叉车等水平运输机械以及施工升降机、龙门架（井架）物料提升机等垂直运输设备（塔式起重机已在本书第八章中介绍）的安全生产技术。

第一节　运输机械通用安全生产技术

（1）启动前重点检查灯光、喇叭、指示仪表等应齐全完整；燃油、润滑油、冷却水等应添加充足；各连接件不得松动；轮胎气压应符合要求。确认无误后，方可启动。燃油箱应加锁。

（2）启动后，应观察各仪表指示值、检查内燃机运转情况、测试转向机构及制动器等性能，确认正常并待水温达到40℃以上、制动气压达到安全压力以上时，方可低挡起步。起步前，车旁及车下应无障碍物及人员。

（3）水温未达到70℃时，不得高速行驶。行驶中，变速时应逐级增减，正确使用离合器，不得强推硬拉，使齿轮撞击发响。前进和后退交替时，应待车停稳后，方可换挡。

（4）行驶中，应随时观察仪表的指示情况，当发现机油压力低于规定值，水温过高或有异响、异味等异常情况时，应立即停车检查，排除故障后，方可继续运行。

（5）严禁超速行驶。应根据车速与前车保持适当的安全距离，选择较好路面行进，应避让石块、铁钉或其他尖锐铁器。遇有凹坑、明沟或穿越铁路时，应提前减速，缓慢通过。

（6）上、下坡应提前换入低速挡，不得中途换挡。下坡时，应以内燃机阻力控制车速，必要时，可间歇轻踏制动器。严禁踏离合器或空挡滑行。

（7）在泥泞、冰雪道路上行驶时，应降低车速，宜沿前车辙迹前进，必要时应加装防滑链。

（8）当车辆陷入泥坑、砂窝内时，不得采用猛松离合器踏板的方法来冲击起步。当使用差速器锁时，应低速直线行驶，不得转弯。

（9）车辆涉水过河前，应先探明水深、流速和水底情况，水深不得超过排水管或曲轴皮带盘，并应低速直线行驶，不得在中途停车或换挡。涉水后，应缓行一段路程，轻踏制动器使浸水的制动蹄片上水分蒸发掉。

（10）通过危险地区或狭窄便桥时，应先停车检查，确认可以通过后，应由有经验人员指挥前进。

（11）停放时，应将内燃机熄火，拉紧手制动器，关锁车门。内燃机运转中驾驶员不得离开车辆；在离开前应熄火并锁住车门。

(12) 在坡道上停放时，下坡停放应挂上倒挡，上坡停放应挂上一挡，并应使用三角木楔等塞紧轮胎。

(13) 平头型驾驶室需前倾时，应清除驾驶室内物件，关紧车门，方可前倾并锁定。复位后，应确认驾驶室已锁定，方可启动。

(14) 在车底下进行保养、检修时，应将内燃机熄火、拉紧手制动器并将车轮楔牢。

(15) 车辆经修理后需要试车时，应由合格人员驾驶，车上不得载人、载物，当需在道路上试车时，应挂交通管理部门颁发的试车牌照。

第二节　载重汽车及安全生产技术

1. 载重汽车

载重汽车亦称为“货车”，俗称“卡车”。载运货物的汽车，其车箱可按装载货物的类别做成各种不同型式。其载重等级很多，由数百公斤至数吨不等。

2. 载重汽车安全生产技术

(1) 载重汽车装载物品应捆绑稳固牢靠。轮式机具和圆筒形物件装运时应有采取防止滚动的措施。

(2) 不得人货混装。因工作需要搭人时，人不得在货物之间或货物与前车厢板间隙内。严禁攀爬或坐卧在货物上面。

(3) 拖挂车时，应检查与挂车相连的制动气管、电气线路、牵引装置、灯光信号等，挂车的车轮制动器和制动灯、转向灯应配备齐全，并应与牵引车的制动器和灯光信号同时起作用。确认后方可运行。起步应缓慢并减速行驶，宜避免紧急制动。

(4) 运载易燃、有毒、强腐蚀等危险品时，其装载、包装、遮盖必须符合有关的安全规定，并应备有性能良好、有效期内的灭火器。途中停放应避开火源、火种、居民区、建筑群等。炎热季节应选择阴凉处停放。装卸时严禁火种。除必要的行车人员外，不得搭乘其他人员。严禁混装备用燃油。

(5) 装运易爆物资或器材时，车厢底面应垫有减轻货物振动的软垫层。装载重量不得超过额定载重量的 70%。装运炸药时，层数不得超过 2 层。

(6) 装运氧气瓶时，车厢板的油污应清除干净。严禁混装油料或盛油容器。

第三节　自卸汽车及安全生产技术

1. 自卸汽车

汽车驾驶员在驾驶室内利用液压传动装置使货物自动卸载的汽车。

2. 自卸汽车安全生产技术

(1) 自卸汽车应保持顶升液压系统完好，工作平稳，操纵灵活，不得有卡阻现象。液压缸表面应保持清洁。

(2) 非顶升作业时，应将顶升操纵杆放在空挡位置。顶升前，应拔出车厢固定销。作

业后，应及时插入车厢固定销。

(3) 配合挖装机械装料时，自卸汽车就位后应拉紧手制动器。在铲斗需越过驾驶室时，驾驶室内严禁有人。

(4) 卸料前，车厢上方应无电线或障碍物，四周应无人员来往。卸料时，应将车停稳，不得边卸边行驶。举升车厢时，应控制内燃机的速运转。当车厢升到顶点时，应降低内燃机转速，减少车厢振动。

(5) 向坑洼地区卸料时，应和坑边保持安全距离，防止塌方翻车。严禁在斜坡侧向倾卸。

(6) 卸料后，应及时使车厢复位，方可起步。不得在倾斜情况下行驶。严禁在车厢内载人。

(7) 车厢举升后需进行检修、润滑等作业时，应将车厢支撑牢靠后，方可进入车厢下面工作。

(8) 装运混凝土或黏性物料后，应将车厢内外清洗干净，防止凝结在车厢上。

第四节　平板汽车及安全生产技术

1. 平板汽车

车身较长，没有车箱，在车体总成上铺设底板，能够承载大型或整体货物的汽车。

2. 平板汽车安全生产技术

(1) 平板拖车行车前，应检查并确认拖挂装置、制动气管、电缆接头等连接良好，且轮胎气压符合规定。

(2) 运输超限物件时，必须向交通管理部门办理通行手续，在规定时间内按规定路线行驶。超限部分白天应插红旗，夜晚应挂红灯。超高物体应有专人照管，并应配电工随带工具保护途中输电线路，保证运行安全。

(3) 拖车装卸机械时，应停放在平坦坚实的路面上，轮胎应制动并用三角木楔塞紧。

(4) 拖车搭设的跳板应坚实，与地面夹角：在装卸履带式起重机、挖掘机、压路机时，不应大于 15°；装卸履带式推土机、拖拉机时，不应大于 25°。

(5) 装卸能自行上下拖车的机械，应由机长或熟练的驾驶人员操作，并应由专人统一指挥。指挥人员应熟悉指挥的拖车及装运机械的性能、特点。上、下车动作应平稳，不得在跳板上调整方向。

(6) 装运履带式起重机，其起重臂应拆短，使之不超过机棚最高点，起重臂向后，吊钩不得自由晃动。拖车转弯时应降低速度。

(7) 装运推土机时，当铲刀超过拖车宽度时，应拆除铲刀。

(8) 机械装车后，各制动器应制动住，各保险装置应锁牢，履带或车轮应楔紧，并应绑扎牢固。

(9) 雨、雪、霜冻天气装卸车时，应采取防滑措施。

(10) 上、下坡道时，应提前换低速挡，不得中途换挡和紧急制动。严禁下坡空挡滑行。

(11) 拖车停放在应坚实平坦的地方。长期停放或重车停放过夜时，应将平板支起，轮胎不应承压。

(12) 使用随车卷扬机装卸物件时，应有专人指挥，拖车应制动住，并应将车轮楔紧。

(13) 严寒地区停放过夜时，应将储气筒中空气和积水放尽。

第五节　散装水泥车及安全生产技术

1. 散装水泥车

密闭性能较好，能够承载无包装水泥的罐体式汽车。

2. 散装水泥车安全生产技术

(1) 散装水泥车在装料前，应检查并清除罐体及出料管道内的积灰和结渣等物；各管道、阀门应启闭灵活，不得有堵塞、漏气等现象；各连接部件应牢固可靠，方可进行装料。

(2) 在打开装料口前，应先打开排气阀，排除罐内残余气压。

(3) 装料时，应打开料罐内料位器开关，在料位器发出满位声响信号时，应立即停止装料。

(4) 装料完毕后，应将装料口边缘上堆积的水泥清扫干净，盖好进料口盖，并把插销插好锁紧。

(5) 卸料前，应将车辆停放在平坦的卸料场地，装好卸料管，关闭卸料管蝶阀和卸压管球阀，打开二次风管并接通压缩空气，保证空气压缩机在无载情况下启动。

(6) 在向罐内加压时，应确认卸料阀处于关闭状态。待罐内气压达到卸料压力时，应先稍开二次风嘴阀后再打开卸料阀，并以调节二次风嘴阀的开度来调整空气与水泥的最佳比例。

(7) 卸料过程中，应观察压力表压力变化情况，如压力突然上升，而输气软管堵塞，不再出料，应停止送气并放出管内压气，然后清除堵塞。

(8) 卸料作业时，空气压缩机应有专人负责，其他人员不得擅自操作。在进行加压卸料时，不得改变内燃机转速。

(9) 卸料结束后，应立即打开放气阀，放尽罐内余气，随后关闭各部阀门。车辆行驶过程中，罐内不得有压力。

(10) 雨天不得在露天装卸水泥。操作人员应经常检查并确认进料口盖关闭严实，不得让水或湿空气进入罐内。

第六节　机动翻斗车及安全生产技术

1. 机动翻斗车的概念

机动翻斗车是一种方便灵活的水平运输机械，在建筑施工中常用于运输砂浆、混凝土熟料以及散装物料等。

2. 机动翻斗车使用的安全生产技术

(1) 机动翻斗车在行驶前，应检查锁紧装置并将料斗锁牢，以防在行驶时掉斗。

(2) 行驶时应从一挡起步。不得用离合器处于半结合状态来控制车速。

(3) 上坡时,当路面不良或坡度较大时,应提前换入低挡行驶;下坡时严禁空挡滑行;转弯时应先减速;急转弯时应先换入低挡。

(4) 翻斗车制动时,应逐渐踩下制动踏板,并应避免紧急制动。

(5) 通过泥泞地段或雨后湿地时,应低速缓行,应避免换挡、制动、急剧加速,且不得靠近路边或沟旁行驶,并应防侧滑。

(6) 翻斗车排成纵队行驶时,前后车之间应保持 8m 的间距,在下雨或冰雪的路面上,应加大间距。

(7) 在坑沟边缘卸料时,应设置安全挡块,车辆接近坑边时,应减速行驶,不得剧烈冲撞挡块。

(8)停车时,应选择适合地点,不得在坡道上停车。冬季应采取防止车轮与地面冻结的措施。

(9) 严禁料斗内载人。料斗不得在卸料工况下行驶或进行平地作业。

(10) 内燃机运转或料斗内载荷时,严禁在车底下进行任何作业。

(11) 操作人员离机时,应将内燃机熄火,并挂挡、拉紧手制动器。

(12) 作业后,应对车辆进行清洗,清除砂土及混凝土等粘结在料斗和车架上脏物。

第七节 叉车及安全生产技术

1. 叉车

叉车是一种自行驱动并带有叉子、门架的起重运输机械。当配备专用的附属装置后,可以从事多种形式的搬运和堆垛作业。

2. 叉车及安全生产技术

(1) 叉车在叉装物件时,被装物件重量应在该叉车允许载荷范围内。当物件重量不明时,应将该物件叉起离地 100 mm 后检查叉车的稳定性,确认无超载现象后,方可运送。

(2) 叉车在叉装时,物件应靠近起落架,其重心应在起落架中间,确认无误,方可提升。

(3) 物件提升离地后,应将起落架后仰,方可行驶。

(4) 叉车的起步应平稳,变换前后方向时,应待机械停稳后方可进行。

(5) 叉车在转弯、后退、狭窄通道、不平路面等情况下行驶时,或在交叉路口和接近货物时,都应减速慢行。除紧急情况外,不宜使用紧急制动。

(6) 当两辆叉车同时装卸一辆货车时,应有专人指挥联系,保证安全作业。

(7) 叉车不得单叉作业和使用货叉顶货或拉货。

(8) 当叉车在叉取易碎品、贵重品或装载不稳的货物时,应采用安全绳加固,必要时,应有专人引导,方可行驶。

(9) 以内燃机为动力的叉车,在进入仓库作业时,应有良好的通风设施。严禁在易燃、易爆的仓库内作业。

(10) 严禁货叉上载人。驾驶室除规定的操作人员外,严禁其他任何人进入或在室外

搭乘。

(11) 作业后，应将叉车停放在平坦、坚实的地方，使货叉落至地面并将车轮制动住。

第八节　施工升降机及安全生产技术

1. 施工升降机的概念及分类

建筑施工升降机(又称外用电梯，施工电梯，附壁式升降机)，是一种使用工作笼(吊笼)沿导轨架作垂直(或倾斜)运动用来运送人员和物料的机械。

升降机的构造原理是将运载梯笼和平衡重之间，用钢丝绳悬挂在立柱顶端的定滑轮上，立柱与建筑结构进行刚性联结。梯笼内以电力驱动齿轮，凭借立柱上固定齿条的反作用力，梯笼沿立柱导轨作垂直运动。其立柱制作成一定长度的标准节，上下各节可以互换，根据需要的高度到施工现场进行组装，一般架设可达 100 m，用于超高层建筑施工时可达 200 m，电梯可借助本身安装在顶部的电动吊杆组装，也可利用施工现场的塔吊等起重设备组装。另外由于梯笼和平衡重的对称布置，倾覆力矩很小，立柱又通过附壁与建筑结构牢固连接(不需缆风绳)，所以受力合理可靠。施工升降机为保证使用安全，本身设置了必要的安全装置，这些装置应该经常保持良好的状态，防止意外事故。由于施工升降机结构坚固，拆装方便，不用另设机房，因此，被广泛应用于工业、民用高层建筑施工，桥梁、矿井、水塔的高层物料和人员的垂直运输。

施工升降机的分类：

(1) 建筑施工升降机按驱动方式分为：

齿轮齿条驱动(SC 型)、卷扬机钢丝绳驱动(SS 型)和混合驱动(SH 型)3 种。

(2) 按导轨架的结构可分为单柱和双柱 2 种。

一般情况下，SC 型建筑施工升降机多采用单柱式导轨架，而且采取上接节方式。SC 型建筑施工升降机按其吊笼数又分单笼和双笼 2 种。单导轨架双吊笼的 SC 型建筑施工升降机，在导轨架的两侧各装一个吊笼，每个吊笼各有自己的驱动装置，并可独立地上、下移动，从而提高了运送客货的能力。

2. 施工升降机使用的安全装置

(1) 限速器。限速器是施工升降机的主要安全装置，它可以限制梯笼的运行速度，防止坠落。齿条驱动的施工升降机，为防止吊笼坠落均装有锥鼓式限速器。

限速器的工作原理：当吊笼沿导轨架上、下移动时，齿轮沿齿条运行。当吊笼以额定速度工作时，齿轮带动传动轴及其上面的离心块空转。当驱动装置的传动件损坏，吊笼将失去控制并沿导轨架快速下滑时，随着吊笼的速度提高，限速器齿轮的转速也随之增加，当转速增加到限速器的动作转速时，离心块在离心力和重力的作用下与制动轮的内表面上的凸齿相啮合，并推动制动轮转动。制动轮尾部的螺杆使螺母沿着螺杆做轴向移动，进一步压缩碟形弹簧组，逐渐增加制动轮与制动毂之间的制动力矩，直到将工作笼制动在导轨架上为止。

限速器每动作一次后，必须进行复位，在调整限速器之前，必须确认传动机构的电磁制动作用可靠，方可进行。

(2) 缓冲弹簧。在施工升降机的底架上有缓冲弹簧,以便当吊笼发生坠落事故时,减轻吊笼的冲击。

(3) 上、下限位器。为防止吊笼上、下时超过需停位置时,因司机误操作和电气故障等原因继续上升或下降引发事故而设置。

(4) 上、下极限限位器。上、下极限限位器是在上、下限位器一旦不起作用,吊笼继续上行或下降到设计规定的最高极限或最低极限位置时能及时切断电源,以保证吊笼安全。

(5) 安全钩。安全钩是为防止吊笼到达预先设定位置,上限位器和上极限限位器因各种原因不能及时动作、吊笼继续向上运行,冲击导轨架顶部而发生倾翻坠落事故而设置的。

(6) 吊笼门、底笼门连锁装置。防止因吊笼或底笼门未关闭就启动运行而造成人员坠落和物料滚落。

(7) 急停开关。当吊笼在运行过程中发生各种原因的紧急情况时,司机能及时按下的急停开关,使吊笼立即停止运行。

(8) 楼层通道门。施工升降机与各楼层均搭设了运料和人员进出的通道,在通道口与升降机结合部必须设置楼层通道门。

3. 施工升降机使用的安全生产技术

(1) 在施工升降机的拆装前,应进行一次全面检查,发现问题及时处理,以防止任何隐患存在,确保安全作业。

(2) 施工升降机的辅助机械,必须性能良好,技术要求能保证拆装作业需要。

(3) 施工升降机拆装作业必须在白天进行,不得在大风、浓雾和雨雪天进行。

(4) 施工升降机应为人货两用电梯。其安装和拆卸工作必须由取得建设行政主管部门颁发的拆装资质证书的专业施工队负责,并必须由经过专业培训、取得操作证的专业人员进行操作和维修。

(5) 施工升降机的地基应浇制混凝土基础,其承载能力应大于 150 kPa,地基上表面平整度允许偏差为 10 mm,并应有排水设施。

(6) 应保证升降机的整体稳定性,升降机导轨架的纵向中心线至建筑物外墙面的距离宜选用较小的安装尺寸。

(7) 施工升降机的导轨架安装时,应用经纬仪对升降机在两个方向进行测量校准,其垂直度允许偏差为其高度的 5/10 000。

(8) 导轨架顶自由端高度、导轨架与附壁距离、导轨架的两附壁连接点间距离和最低附壁点高度均不得超过出厂规定。

(9) 升降机的专用开关箱应设在底架附近便于操作的位置,馈电容量应满足升降机直接启动的要求,箱内必须设短路、过载、相序、断相及零位保护等装置。升降机所有电气装置均应执行 JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第 3.1、3.4 节的规定。

(10) 升降机梯笼周围 2.5m 范围内应设置稳固的防护栏杆,各楼层平台通道应平整牢固,出入口应设防护栏杆和防护门。全行程四周不得有危害安全运行的障碍物。

(11) 升降机安装在建筑物内部井道中间时,应在全行程范围井壁四周搭设封闭屏障。装设在阴暗处或夜班作业的升降机,应在全行程上装设足够的照明和明亮的楼层编

号标志灯。

(12) 升降机安装后，应经企业技术负责人会同有关部门对基础和附壁支架以及升降机架设安装的质量、精度等进行全面检查，并应按规定程序进行技术试验(包括坠落试验)，经试验合格签证后，方可投入运行。

(13) 升降机的防坠安全器，在使用中不得任意拆检和调整，需要拆检调整时或每用满1年后，均应由生产厂或指定的认可单位进行调整、检修或鉴定。

(14) 新安装或转移工地重新安装以及经过大修后的升降机，在投入使用前，必须经过坠落试验。升降机在使用中每隔3个月，应进行1次坠落试验。试验程序应按说明书规定进行，当试验中梯笼坠落超过1.2m制动距离时，应查明原因，并应调整防坠安全器，切实保证不超过1.2m制动距离。试验后以及正常操作中每发生1次防坠动作，均必须对防坠安全器进行复位。

(15) 施工升降机在作业前重点检查项目应符合下列要求：

a)各部结构无变形，连接螺栓无松动；

b) 齿条与齿轮、导向轮与导轨均接合正常；

c) 各部钢丝绳固定良好，无异常磨损；

d) 运行范围内无障碍。

(16) 在施工升降机启动前，应检查并确认电缆、接地线完整无损，控制开关在零位。电源接通后，应检查并确认电压正常，应测试无漏电现象。应试验并确认各限位装置、梯笼、围护门等处的电器联锁装置良好可靠，电器仪表灵敏有效。启动后，应进行空载升降试验，测定各传动机构制动器的效能，确认正常后，方可开始作业。

(17) 升降机在每班首次载重运行时，当梯笼升离地面1 m～2 m时，应停机试验制动器的可靠性。当发现制动效果不良时，应调整或修复后方可运行。

(18) 在施工升降机的梯笼内乘人或载物时，应使载荷均匀分布，不得偏重，严禁超载运行。

(19) 操作人员应根据指挥信号操作，作业前应鸣声示意。在升降机未切断总电源开关前，操作人员不得离开操作岗位。

(20) 当升降机运行中发现有异常情况时，应立即停机并采取有效措施将梯笼降至底层，排除故障后方可继续运行。当在运行中发现电气失控时，应立即按下急停按钮；在未排除故障前，不得打开急停按钮。

(21) 升降机在大雨、大雾、六级及以上大风以及导轨架、电缆等结冰时，必须停止运行，并将梯笼降至底层，切断电源。暴风雨后，应对升降机各有关安全装置进行一次检查，确认正常后，方可运行。

(22) 升降机运行到最上层或最下层时，严禁用行程限位开关作为停止运行的控制开关。

(23) 当升降机在运行中由于断电或其他原因而中途停止时，可进行手动下降，将电动机尾端制动电磁铁手动释放拉手缓缓向外拉出，使梯笼缓慢地向下滑行。梯笼下滑时，不得超过额定运行速度，手动下降必须由专业维修人员进行操纵。

第九节　物料提升机及安全生产技术

1. 物料提升机的概念及分类

物料提升机(指龙门架及井架物料提升机)是建筑施工现场常用的一种输送物料的垂直运输设备。它以卷扬机为动力,以底架、立柱及天梁为架体,以钢丝绳为传动,以吊笼(吊篮)为工作装置。在架体上装设滑轮、导轨、导靴、吊笼、安全装置等和卷扬机配套构成完整的垂直运输体系。物料提升机构造简单,用料品种和数量少,制作容易,安装拆卸和使用方便,价格低,是一种投资少、见效快的装备机具,因而受到施工企业的欢迎,近几年得到了快速发展。

根据 JGJ 88—1992《龙门架及井架物料提升机安全技术规范》:物料提升机是指额定起重量在 2 000 kg 以下,以地面卷扬机为动力,指以卷扬机为牵引动力,由底架、立柱及天梁组成架体,吊笼沿导轨升降运动,垂直输送物料的起重设备。

物料提升机的分类:

按结构形式的不同,物料提升机可分为龙门架式物料提升机和井架式物料提升机。

a) 龙门架式物料提升机:以地面卷扬机为动力,由 2 根立柱与天梁构成门架式架体、吊篮(吊笼)在两立柱间沿轨道作垂直运动的提升机。

b) 井架式物料提升机:以地面卷扬机为动力,由型钢组成井字架体、吊笼(吊篮)在井孔内或架体外侧沿轨道作垂直运动的提升机。

按架设高度的不同,物料提升机可分为高架物料提升机和低架物料提升机。

a) 架设高度在 30 m(含 30 m)以下的物料提升机为低架物料提升机。

b) 架设高度在 30 m(不含 30 m)～150 m 的物料提升机为高架物料提升机。

2. 物料提升机使用的安全保护装置

(1) 停层装置。当吊笼停靠在某一楼层时,能使吊篮稳妥的支靠在架体上的装置。防止因钢丝绳突然断裂或卷扬机抱闸失灵时吊篮坠落。其装置有制动和手动 2 种。

(2) 断绳保护装置。吊篮装载额定载重量,悬挂或运行中发生断绳时,断绳保护装置必须可靠地把吊笼刹制在导轨上。

(3) 载重量限制装置。

(4) 上极限限位器(超高限位)。当吊笼上升达到限定高度时,限位器即行动作切断电源(指可逆式卷扬机)或自动报警(指摩擦式卷扬机)。

(5) 下极限限位器。当吊笼下降至下限位时,限位器应自动切断电源,使吊笼停止下降。

(6) 吊笼安全门。吊笼的上料口处应装设安全门。安全门宜采用连锁开启装置。

(7) 通讯信号装置。当司机不能清楚地看到操作者和信号指挥人员时,必须加装通讯装置。

3. 物料提升机使用的稳定设施

物料提升机的稳定性能主要取决于物料提升机的基础、附墙架、缆风绳及地锚。

(1) 基础。提升机的基础要依据其类型及土质情况设计及施工,使其能可靠的承受

作用在其上的全部荷载。

(2) 附墙架。为增强提升机架体的稳定性设置在物料提升机架体立柱与建筑物结构之间的钢结构称为附墙架。应采用刚性连接，并形成稳定结构。

(3) 缆风绳。当架体没有条件设置附墙架时就要设置缆风绳。缆风绳必须使用钢丝绳。

(4) 地锚。地锚的受力情况、埋设的位置都直接影响着缆风绳的作用，在选择缆风绳的锚固点时，要视其土质情况，决定地锚的形式和做法。

4. 物料提升机使用的安全生产技术

(1) 起重机卷扬机部分应执行 JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第 4.7 节的规定。

(2) 根据施工要求和场地条件，并综合考虑发挥物料提升机的工作能力，合理确定安装位置。

(3) 做好安装和拆除的组织工作。

(4) 按照施工方案或升降机说明书制作基础。

(5) 按照专项施工方案要求的顺序安装与拆卸。

(6) 建立物料提升机的使用管理制度，物料提升机应有专职机构和专职人员管理。

(7) 架设场地应平整坚实，平台应适合手推车尺寸、便于装卸。井架四周应设缆风绳拉紧。不得用钢筋、铁线代替作缆风绳用。缆风绳的架设和使用，应执行 JGJ 33—2001《建筑机械使用安全技术规程》第 4.5 节的有关规定。

(8) 起重机的制动器应灵活可靠。平台的四角与井架不得互相擦碰，平台固定销和吊钩应可靠，并应有防坠落、防冒顶等保险装置。

(9) 龙门架或井架不得与脚手架联为一体。

(10) 严禁载人。物料提升机主要是运送物料的，在安全装置可靠的情况下，装卸料人员等才能进入到吊篮作业，严禁各类人员乘吊篮升降。

(11) 禁止攀登架体和从架体下面穿越。

(12) 缆风绳不得随意拆除，凡需临时拆除的，应先行加固，待恢复缆风绳后，方可使用升降机。如缆风绳改变位置，要重新埋设地锚，待新缆风绳拴好后，原来的缆风绳方可拆除。

(13) 垂直输送混凝土和砂浆时，翻斗出料口应灵活可靠，保证自动卸料。

(14) 操作人员得到下降信号后，必须确认平台下面无人员停留或通过时，方可下降平台。

(15) 作业后，应检查钢丝绳、滑轮、滑轮轴和导轨等，发现异常磨损，应及时修理或更换。

(16) 作业后，应将平台降到最低位置，切断电源，锁好开关箱。

第十章　焊接与切割作业安全生产技术

在大中型电力建设施工中，焊接技术的应用愈来愈广泛，与此同时，各种不安全因素也随之出现，其严重的威胁着焊接操作人员及其他生产人员的安全与健康。早在20世纪80年代国家标准中就明确规定：金属焊接（切割）作业是特种作业，直接从事特种作业者，称为特种作业人员。特种作业人员，必须进行与工种相适应的、专门的安全技术理论学习和实际操作训练，并经考核合格取得中华人民共和国特种作业操作证后方准上岗作业。

本章主要介绍焊接与切割及在电力建设工程中焊接与切割作业安全；电熔焊及其安全；气焊及其安全；焊接安全生产技术等方面的内容。

第一节　焊接与切割的原理及分类

一、焊接的实质

焊接是一种重要的金属加工方法，它是采用局部加热、加压、填充金属等手段，使两块或更多块零部件的原子相互贴近、相互扩散、相互渗透、相互熔融并冷凝成为一个整体，永久性不能拆开的一种连接方法。

焊接是一种先进而高生产率的加工工艺，具有节约材料、工时和连接性能好及使用寿命长等优点。焊接不仅可以使金属材料形成永久性连接，也可以使某些非金属材料达到永久性连接的目的，如玻璃焊接、塑料焊接等，但电力建设工程中主要是用于金属的焊接。

二、焊接方法的分类

按焊接过程中金属所处的状态及工艺的特点，可以将焊接分为熔焊、压焊和钎焊3大类，目前，以熔焊的应用为最广，焊接中的安全问题也主要体现在熔焊过程中。

1. 熔化焊：在焊接过程中，利用局部加热的方法将连接处的金属加热至熔化状态而完成焊接的方法。常见的气焊、电弧焊、电渣焊、气体保护焊、等离子弧焊等均属于熔化焊的范畴。

2. 压力焊：在焊接过程中，必须对焊件施加一定的压力，并且加热（或不加热）而完成焊接的方法。

这类焊接方法有2种形式：一是将被焊金属接触部分加热至塑性状态或局部熔化状态，然后施加一定压力，以使金属原子间相互结合形成牢固的焊接接头，如锻焊、接触焊、摩擦焊和气焊等就是这种类型的压力焊方法。二是不进行加热，仅在被焊金属接触面上施加大的压力，借助于压力所引起的塑性变形，以使原子间相互接近而获得牢固的压挤接头，这种压力焊的方法有冷压焊、爆炸焊等。

3. 钎焊：是把比被焊金属熔点低的钎料金属加热熔化至液态，然后使其渗透到被焊

金属接缝的间隙中而实现连接的方法。

三、切割方法的分类

按金属切割过程中加热方法的不同，切割方法可分为火焰切割、电弧切割和冷切割3类。

1. 火焰切割。按加热气源的不同，可分为以下几种：

(1) 气割

气割(即氧-乙炔切割)是利用氧-乙炔预热火焰使金属在纯氧气流中能够剧烈燃烧，生成熔渣和放出大量热能的原理而进行的。

(2) 液化石油气切割

液化石油气切割的原理与气割相同。不同的是液化石油气的燃烧特点与乙炔气不同，所使用的割炬也有所不同：它扩大了低压氧喷嘴孔径及燃烧混合气喷口截面，还扩大了对吸管圆柱部分孔径。

(3) 氢氧源切割

利用水电解氢氧发生器，用直流电将水电解成氢气和氧气，其气体比例恰好完全燃烧，温度可达2 800℃～3 000℃，可以用于火焰加热。

(4) 氧熔剂切割

氧熔剂切割是在切割氧量中加入纯铁粉或其他熔剂，利用它们的燃烧热和废渣作用实现切割的方法为氧熔剂切割。

2. 电弧切割。电弧切割按生成电弧的不同可分为：

(1) 等离子弧切割

等离子弧切割时利用高温高速的强劲的等离子射流，将被切割金属部熔化并随即吹除、形成狭窄的切口而完成切割的方法。

(2) 碳弧气割

碳弧气割是使用碳棒与工件之间产生的电弧将金属熔化，并用压缩空气将其吹掉，实现切割的方法。

3. 冷切割。切割后工件相对变形较小的方法有：

(1) 激光切割

激光切割是利用激光束把材料穿透，并使激光束移动而实现切割的方法。

(2) 水射流切割

水射流切割是利用高压换能泵产生出200 MPa～100 MPa的高压水的水速动能，来实现材料的切割。

第二节　焊接与切割作业的不安全因素

1. 焊接与切割作业存在的不安全因素

焊接与切割作业之所以被视为特种作业，是因为它对操作者本人，以及对他人和周围设施安全有重大危害因素。施焊过程中，焊工需要与各种易燃易爆气体、焊接(电气)设

备、压力容器和焊接材料(如焊条、焊丝、焊剂等)接触;而在焊接热源(如电弧、气体火焰等)作用下,会产生有毒气体、有害粉尘、弧光辐射、飞溅、高频电磁场、噪声、射线等,致使焊接操作容易引起爆炸、火灾、烫伤、触电、中毒、电光性眼疾、皮肤病、血液病及高空坠落等职业危害或工伤事故,同时还可能危及设备、厂房和周围人员,给国家和企业带来不应有的损失。

根据焊接与切割的特点,可以分析出在焊接与切割加工过程中存在的不安全因素,具体表现在:

(1) 焊接时,操作人员呼吸的空气中含有各种金属(如锰、镍、铜等)的固态氧化物粉尘,焊接气溶胶,以及一氧化碳等有毒气体(氩弧焊和等离子弧焊操作时的臭氧;二氧化碳保护焊操作时的一氧化碳;焊条电弧焊操作时的氟化氢等),会引起中毒或引发职业病。

(2) 焊接弧光包括紫外线、红外线和可见光线等,可能损伤视觉器官引起电光性眼炎和白内障,或灼伤表皮,对操作人员健康不利。

(3) 电阻焊、高频焊、超声波焊接及无损探伤时,交变磁场、电磁场、超声波及电离辐射对操作人员健康不利。

(4) 焊接时的电流、火星、飞溅的熔化金属、喷出的熔渣可能造成烧伤和热辐射,并可能引起火灾。

(5) 溶解乙炔气瓶、氧气瓶等存放使用不当,可能引起爆炸事故。

(6) 等离子枪、碳弧气刨、气压传动、发电机、真空泵等运转时产生的噪声危害。

(7) 运动机械、工件造成的砸伤、碰伤等事故。

(8) 氩弧焊和等离子弧焊使用的钍钨电极中含有钍。钍是天然放射性物质,超强度照射会造成人的中枢神经系统、造血器官和消化系统的疾病,严重的会发生发射病。

2. 焊接与切割场地的安全检查

焊接与切割作业中存在的不安全因素,可以通过现场安全检查来发现。

(1) 焊接与切割场地检查的必要性

由于焊接与切割场地不符合安全要求造成火灾、爆炸、触电等事故时有发生,破坏性和危害性很大。要防患于未然,必须对焊接场地进行检查。

(2) 焊接与切割场地检查的内容

检查焊接与切割作业场地的设备、工具、材料是否排列整齐。检查焊接与切割场地是否保持必要的通道。检查所有气焊胶管、焊接电缆线是否互相缠线。气瓶用后是否已移出工作场地。检查焊工作业面积是否足够,工作场地要有良好的自然采光或局部照明。检查焊割场地周围 10m 范围内,各类可燃易燃物品是否清除干净。对焊接切割场地检查要做到:仔细观察环境,针对各类情况,认真加强防护。

第三节　电熔焊及其安全

1. 电焊机的概念

电熔焊也称电弧焊,是将电能转变为热能的一种熔焊方法。它是利用电弧两极间的放电产生的热量,使焊件和焊条熔化,并相互融合,冷却凝固后形成牢固的接头。焊接过

程若是利用手工操作的，称为手工电弧焊，若是利用机械操作的，则称为自动焊。目前，建筑施工现场手工电弧焊使用比较多。

2. 电焊机使用常识及安全要点

由于在电焊操作中：触电机会多；易发生电气火灾、爆炸和灼烫事件；易发生因触电造成的二次事故；易产生机械伤害；可能产生与焊接相关的职业病（如：中毒、尘肺、职业性皮肤病、眼病等）。因此，在电焊操作时应注意以下安全事宜。

（1）交流电焊机是一个结构特殊的降压变压器，空载电压为 60 V～80 V，工作电压为 30 V；功率 20 kW～30 kW，二次线电流为 50 A～450 A；电源电压 380 V 或 220 V。

（2）直流电焊机是用一台三相电动机带动一台结构特殊的直流发电机；硅整流式直流电焊机是利用硅整流元件将交流电变为直流电；焊机二次线空载电压为 50 V～80 V，工作电压为 30 V，焊接电流为 45 A～320 A；焊机功率为 12 kW～30 kW，电源电压380 V 或 220 V。

（3）交、直流电焊机应空载合闸启动，直流发电机式电焊机应按规定的方向旋转，带有风机的要注意风机旋转方向是否正确。

（4）电焊机在接入电网时须注意电压应相符，多台电焊机同时使用应分别接在三相电网上，尽量使三相负载平衡。

（5）电焊机需要并联使用时，应将一次线并联接入同一相位电路；二次侧也需同相相连，对二次侧空载电压不等的焊机，应经调整相等后才可使用，否则不能并联使用。

（6）焊机二次侧把线、地线要有良好的绝缘特性和柔性，导电能力要与焊接电流相匹配，宜使用 YHS 型橡胶皮护套铜芯多股软电缆，长度不大于 30 m，操作时电缆不宜成盘状，否则将影响焊接电流。

（7）多台焊机同时使用时，当需拆除某台时，应先断电后在其一侧验电，在确认无电后方可进行拆除工作。

（8）所有交、直流电焊机的金属外壳，都必须采取保护接地或接零。接地、接零电阻值应小于 4 Ω。

（9）焊接的金属设备、容器本身有接地、接零保护时，焊机的二次绕组禁止设有接地或接零。

（10）多台焊机的接地、接零线不得串联接入接地体，每台焊机应设独立的接地、接零线，其接点应用螺丝压紧。

（11）每台电焊机须设专用断路开关，并有与焊机相匹配的过流保护装置。一次线与电源接点不宜用插销连接，其长度不得大于 5 m，且须双层绝缘。

（12）电焊机二次侧把线、地线需接长使用时，应保证搭接面积，接点处用绝缘胶带包裹好，接点不宜超过两处；严禁使用管道、轨道及建筑物的金属结构或其他金属物体串接起来作为地线使用。

（13）电焊机的一次、二次接线端应有防护罩，且一次接线端需用绝缘带包裹严密；二次接线端必须使用线卡子压接牢固。

（14）电焊机应放置在干燥和通风的地方（水冷式除外），露天使用时其下方应防潮且高于周围地面；上方应设防雨棚和有防砸措施。

第四节　气焊与气割及其安全

1. 气焊与气割基本原理及安全要点

火灾和爆炸是气焊与气割的主要危害。气焊与气割所使用的乙炔、石油气、液化石油气、氧气等都是易燃易爆气体，所使用的气瓶都属压力容器，在焊补燃料容器和管道时，还会遇到其他许多可燃易爆气体和各种压力容器。可见，气焊与气割操作中需与危险物品和压力容器接触，同时又使用明火，如果焊接设备或安全装置有问题，或违反安全操作规程，就容易造成火灾和爆炸事故。所以说，防火与防爆是气焊与气割安全的工作重点。

(1) 气焊与气割的原理

气焊是将化学能转变为热能的一种熔化焊方式，它是利用可燃气与氧气混合燃烧的火焰，对金属进行局部加热使金属熔焊连接的方法。

气割是利用可燃气与氧气混合燃烧的预热火焰，将切割处金属加热到燃点，并在氧气射流中剧烈燃烧，同时利用高压氧气吹掉金属氧化的熔渣，而将金属分割的加工方法。

(2) 乙炔

乙炔是不饱和的碳氢化合物。其自燃点为335℃，容易受热自燃。乙炔在空气中燃烧的火焰温度为2 350℃，在氧气中燃烧的温度为3 100℃～3 300℃。

乙炔气有特殊的臭味，但毒性很弱，有轻度麻醉作用，但因其中含有磷化氢(PH_3)、硫化氢(H_2S)和不完全燃烧产生的一氧化碳，在通风不良时，长期接触可引起中毒。

(3) 石油气

石油气是石油加工的副产品，由丙烷(C_3H_8)（占50%～80%）、丙烯(C_3H_6)、丁烷(C_3H_{10})、丁烯(C_4H_8)等混合气体组成，在常温常压下组成石油气的这些碳氢化合物以气态的形式存在。在常温常压下是略带臭味的无色气体，比空气重，一旦外泄则会聚集在地面或低洼处及与地面相通的电缆沟、暖气沟、下水道等处，且不易散失，遇明火后会发生火灾和爆炸。在气焊时用于替代乙炔。

(4) 液化石油气

在常温下将石油气只要加上不大的压力(0.8 MPa～1.5 MPa)即变为液体，体积同时缩小250～350倍，液化后便于装入钢瓶贮存和运输。其组成气体能和空气形成爆炸性混合气体，其爆炸极限范围比较窄。但与氧气混合后便有较宽的爆炸极限。

石油气本身对人体毒性很小，当空气中石油气的浓度大于10%时，几分钟内就会使人头脑发晕，但不会造成中毒。不过，当其燃烧供氧不足时，会产生一氧化碳。若室内通风不良，一氧化碳聚集超过容许浓度会使人发生中毒或窒息。

(5) 纯氧

纯氧是一种无色、无味、无毒的气体。其本身不会燃烧，但有很强的助燃作用，是强氧化剂。用纯氧助燃可提高火焰温度。金属的燃点随着氧气压力的增高而降低。

2. 乙炔瓶在使用中应注意的问题

(1) 乙炔瓶在使用、运输和储存时不得靠近热源和电器设备；夏季要防止暴晒；环境温度一般不得超过40℃；超过时，应采取有效的降温措施。禁止敲击、碰撞。

(2) 乙炔瓶与明火的距离一般不小于 10 m(高空作业时,就是与垂直地面处的平行距离)。

(3) 瓶阀冻结,严禁用火烘烤,必要时可用 40℃以下的温水解冻。

(4) 严禁放置在通风不良及有放射性射线的场所。

(5) 使用时要注意固定,防止倾倒,严禁卧放使用。

(6) 乙炔瓶必须装设专用的减压器、回火防止器。

(7) 乙炔瓶在开启时操作者应站在阀口的侧后方,动作要轻缓。

(8) 乙炔瓶在使用压力不得超过 0.15 MPa,输气流速不应超过 1.5 m^3/(h·瓶)~2.0 m^3/(h·瓶)。严禁铜、银、汞等及其制品与乙炔接触,必须使用铜和金属器具时,合金含铜量低于 70%。

(9) 瓶内气体严禁用尽,必须留有不低于规定的剩余压力。

(10) 在使用乙炔瓶的现场,储存量不得超过 5 瓶;超过 5 瓶但不超过 20 瓶,应在现场或车间内用非燃烧体或难燃烧体墙隔成单独的储存间,应有一面靠外墙;超过 20 瓶,应设置乙炔瓶库;储存量不超过 40 瓶的乙炔瓶库,可与耐火等级不低于二级的生产厂房毗连建造,其毗连的墙应是无门、窗和洞的防火墙并严禁任何管线穿过。

(11) 乙炔瓶的储存间与明火或散发火花地点的距离,不得小于 15 m,且不应设在地下室或半地下室内。储存间应有良好的通风、降温等设施,要避免阳光直射,要保证运输道路通畅,在其附近应设有消火栓和干粉灭火器(严禁使用四氯化碳灭火器)。

(12) 乙炔瓶储存时,一般要保持直立位置,并应有防止倾倒的措施。

(13) 严禁与氧气瓶、氯气瓶及易燃物品同间储存。储存间应有专人管理,在醒目的地方应设置“乙炔危险”、“严禁烟火”的标志。

3. 石油气瓶在使用中应注意的问题

(1) 运输和储存石油气瓶时,环境温度不得高于 60℃,严禁受日光暴晒或靠近高温热源;与明火距离不小于 10 m。

(2) 点火时要先点燃引火物,然后开启气阀,切勿颠倒次序。

(3) 石油气瓶只许正立使用,严禁卧放、倒置使用。

(4) 须装专用减压器,使用耐油性强的导管和衬垫。防止因腐蚀作用而引起漏气。

(5) 瓶内气体严禁用尽,必须留有 0.1 MPa 以上的压力。瓶内残液严禁倾倒,防止大量挥发,造成火灾或爆炸事故。

(6) 使用石油气的车间和贮存气瓶的库房,室内地面应平整,严禁有与外界相通的地沟、电缆沟和管道孔洞,以防石油气窜入。地面集水口须有水封措施。

(7) 使用石油气的车间和贮存气瓶的库房,应通风良好,并加强低处通风。

(8) 一旦发现石油气泄漏,要严禁一切明火并且避免可能的金属碰撞和电器火花。应立即打开门窗,进行自然通风扩散,并且注意低洼处是否仍有石油气聚集。

(9) 石油气瓶的使用环境温度在 20℃为宜,冬季使用为保证气化速度,气瓶宜放在采暖的车间内,或用 40℃的温水加热。

(10) 长时间、大量、固定使用时也可以采用将几个气瓶并联,以保证用气量。因用气量较大,而气化速度不足以满足需要时,可加设气化器,气化器中通入热水不得超过

45℃。当气化器热源中断应及时将液相阀门关闭。

4. 氧气瓶在使用、运输和贮存时应注意的问题

(1) 气焊与气割用的压缩纯氧是强氧化剂，矿物油、油脂或细微分散的可燃物质严禁与压缩纯氧接触，操作时严禁用沾有油脂的工具、手套接触瓶阀、减压器及氧气管道，一旦被油脂类污染，应及时用二氯化烷或四氯化碳去油擦净。

(2) 氧气瓶的使用环境温度不得超过 60℃，且严禁受日光暴晒，与明火距离不小于 10 m并不得靠近热源和电器设备。

(3) 氧气瓶在使用过程中应避免受到剧烈震动和冲击，严禁从高处滑下或在地面上滚动。

(4) 禁止用起重设备的吊索直接栓挂气瓶。

(5) 使用前应检查瓶阀、接管螺纹、减压器及胶管是否完好，发现瓶体、瓶阀有问题，要及时报告。

(6) 禁止带压拧动瓶阀阀体。检查气密性时，应用肥皂水，严禁使用明火试验。

(7) 瓶阀开启时，不得朝向人体，且动作要缓慢。

(8) 减压器与瓶阀连接的螺扣要拧紧，并不少于 4 扣～5 扣。

(9) 冬季遇有瓶阀冻结或结霜，严禁用力敲击或用明火烘烤，应用温水解冻化霜。

(10) 气瓶内要始终保持正压(瓶内至少应留有 0.3 MPa 以上的压力)，不得将气用尽。

(11) 使用时要注意固定，防止滚动、倾倒；不宜平卧使用，应将瓶阀一端垫高或直立。

(12) 氧气瓶严禁用于气动工具的动力气源，严禁用于吹扫容器、设备和各种管道。

(13) 车辆装运时应妥善固定。汽车装运应横向码放，不宜直立。易燃物品、油脂和带有油污的物品，不得与氧气瓶同车装运。运输时，气瓶须装有瓶帽和防震圈，防止碰断瓶阀。

(14) 同一储存间严禁存放其他可燃气瓶和油脂类物品。氧气瓶应码放整齐，直立放置时，要有护栏和支架，以防倾倒。

5. 焊炬与割炬的安全生产技术

焊炬和割炬上装接的可燃气与氧气胶管严禁颠倒位置和混用。目前我国现行标准规定为：氧气胶管为红色，内径 8 mm，长度 30 m，允许工作压力为 1.5 MPa；乙炔胶管为黑色，内径 10 mm，长度 30 m，允许工作压力为 0.3 MPa。

(1) 点火前，应先将胶管内和中压乙炔发生器内留存的空气排净，再正式点火使用。当火焰色泽为深黄且燃烧恒稳时，说明空气已排净。

(2) 点火前，应检查焊、割炬的射吸性能。方法和操作顺序是：连接氧气胶管，打开乙炔调节手轮，打开氧气调节手轮，用手指堵在乙炔气进口处。若感到有一定的吸力，表明性能正常。否则为不正常，需进行检查修理。

(3) 点火前，应检查焊、割炬的气密性。方法是将各调节手轮和连接点涂抹肥皂水，或浸入清水中，将已接通的氧气和可燃气调节手轮开启进行观察。若有跑漏现象，需修好再用。

(4) 点火时，应先开启乙炔调节手轮，点燃后再开氧气调节手轮，调节形成所需火焰。

(5) 关火时，应先关乙炔气调节手轮，后关氧气调节手轮。以确保不出现回火，防止火焰倒袭和产生黑烟。

(6) 发生回火时，应迅速关闭氧气调节手轮，然后再关乙炔气调节手轮。

(7) 点燃的焊、割炬严禁靠近可燃气瓶、乙炔发生器和氧气瓶；严禁随意放在地上或工件上。

(8) 焊、割炬的喷嘴发生堵塞时，应停止操作。将其拆下，用捅针从内向外疏通。

(9) 点燃的焊、割炬其喷嘴不得与金属物件正面接触，否则易造成回火。

(10) 停止使用时，严禁将焊、割炬与气源相通放在工具箱和容器等空气不流通的地方。

(11) 在开始切割前，工件表面的锈皮、铁屑和油水污物等应进行清理。在水泥地面上切割时应垫高工件，防止锈皮和水泥地面爆溅伤人。

第五节　焊接与气割安全生产技术

1. 焊接与切割安全生产技术的一般要求

(1) 焊接与切割操作人员属特殊工种人员。须经主管部门培训、考核合格，掌握操作技能和有关安全知识，发给操作证件，持证上岗作业。未经培训、考核合格者，不准上岗作业。

(2) 搞好个人防护。穿戴好防护用品。焊接用防护工作服，主要起隔热、反射和吸收等屏蔽作用，以保护人体免受焊接热辐射或飞溅物的伤害；戴好防护口罩。埋弧焊接过程中和清扫焊剂时会产生烟尘，焊工应戴好防尘口罩；为了防止焊工四肢触电、灼伤和砸伤，避免不必要的伤亡事故发生，要求焊工在操作时必须戴电焊绝缘手套和穿绝缘鞋；噪声防护用品。有时为了清除埋弧焊渣皮，采用风铲和电动工具，噪声很大，操作者应戴好，使用护目镜和面罩。高空危险处作业，须挂安全带。施焊前检查焊把及线路是否绝缘良好，焊接完毕要拉闸断电。

(3) 焊接与切割作业时须配置灭火器材，应有专人监护。作业完毕，要留有充分的时间观察，确认无引火点后，方可离去。

(4) 焊工在金属容器内、地下、地沟或狭窄、潮湿等处施焊时，要设监护人员。其监护人必须认真负责，坚守工作岗位，且熟知焊接操作规程和应急抢救方法。需要照明的其电源电压应不高于 12 V。

(5) 夜间工作或在黑暗处施焊时应有足够的照明；在车间或容器内操作要有通风换气或消烟设备。

(6) 焊接压力容器和管道时，需持有压力容器焊接操作合格证。

(7) 施工现场焊接与切割作业须执行“用火证制度”，并要切实做到用火有措施，灭火有准备。施焊时有专人监护；施焊完毕后，要留有充分时间观察，确认无复燃的危险后，方可离去。

2. 焊接与切割防火防爆的基本原则

(1) 火灾的发展过程及其特点

火灾的发展分为初起期、发展期、最盛期、减弱期和熄灭期5个阶段。其特点如下：

a）初起期。初起期是火灾开始发生的阶段，这一阶段可燃物的热解过程至关重要，主要特征是冒烟、阴燃。

b）发展期。发展期是火势由小到大发展的阶段，这一阶段通常满足时间平方规律，即火灾热释放速率随时间的平方非线性发展，轰燃就发生在这一阶段，其特点是火苗窜起，火势迅速扩大。

c）最盛期。最盛期的火灾燃烧方式是通风控制火势，火势的大小由通风情况决定。其特点是，火焰包围整个可燃材料，可燃物全面着火，燃烧面积达到最大限度，放出强大的辐射热，温度升高，气体对流加剧。

d）减弱期。减弱期是火势由大到小的一个减弱阶段，这个阶段通过灭火措施或可燃物质减少，火势逐渐衰落。

e）熄灭期。可燃物质继续减少，火势继续衰落，至熄灭。

防火原则的基本要求：

a）严格控制火源。

b）加强监视酝酿期特征，发现异常，及时采取措施，使燃烧终止在初起期。

c）采用耐火建筑材料、阻火设备，对易燃物进行科学管理，阻止火焰蔓延，限制火灾可能发展的规模，减少火灾造成的损失。

d）组织训练消防队伍，配备适用的消防器材，一旦着火就能尽早抑制火势的扩大，并加以扑灭。

（2）爆炸的发展过程及其特点

爆炸虽然发生在顷刻之间，但它还是存在着一个发展过程。爆炸的发展过程大体上可分为3个阶段：

a）爆炸性混合物的形成。在这个阶段可燃物与氧化剂的相互扩散，均匀混合而形成爆炸性混合物，遇到火源使燃爆开始。

b）连锁反映过程。在这个阶段由于爆炸连续反应过程的发展，爆炸范围扩大，爆炸威力升级。

c）完成爆炸反应。在这个阶段，爆炸力造成灾害性的破坏。

防爆原则的基本要求：

根据爆炸过程特点，防爆应以阻止第一过程出现、限制第二过程发展、减弱第三过程危害为基本原则。

a）阻止第一过程出现，防止爆炸混合物的形成和严格控制着火源；

b）限制第二过程发展即燃爆开始时及时泄出压力和切断爆炸传播途径；

c）减弱第三过程危害即减弱爆炸压力和冲击波对人员、设备和建筑物的损坏。

3. 焊接施工中预防触电事故的基本措施

（1）每台电焊机都应设置单独的开关箱，箱中装有电源侧的和把线侧（二次侧）的漏电开关，当焊接过程中或电焊机空载时，有漏电现象时，都能防止触电事故。

（2）焊接工作开始前，应首先检查焊机和工具是否完好和安全可靠，如焊钳和焊接电缆的绝缘是否有损坏的地方，焊机的外壳接地和焊机的各接线点接触是否良好。不允许

未进行安全检查就开始操作。

(3) 在狭小的空间、船舱、容器和管道内工作时，为防止触电，必须穿绝缘鞋，脚下垫有橡胶板或其他绝缘衬垫。最好两人轮换工作，以便互相照看，否则就需有一名监护人员，随时注意操作人的安全情况，一遇有危险情况，就可立即切断电源进行抢救。

(4) 身体出汗后，衣服潮湿时，切勿靠在带电的钢板或工件上，以防触电。

(5) 工作地点潮湿时，地面应铺有橡胶板或其他绝缘材料。

(6) 更换焊条时一定要戴皮手套，不得赤手操作。

(7) 在带电情况下，为了安全，焊钳不得夹在腋下去搬被焊工件或将焊接电缆挂在脖颈上。

(8) 推拉闸门开关时，脸部不允许直对电闸，以防止短路造成的火花烧伤面部。

(9) 在进行下列操作时，必须切断电源才能进行：改变焊机接头时；更换焊件需要改接二次回路时；更换保险装置时；焊机发生故障需要进行检修时；转移工作地点搬动焊机时；工作完毕或临时离开工作现场时。

4. 登高焊割作业安全生产技术

(1) 登高焊割作业应根据作业高度及环境条件定出危险区范围。一般在地面周围10 m内为危险区，禁止在作业下方及危险区内存放可燃、易燃物品及停留人员。在工作过程中应设有专人监护。作业现场必须备有消防器材。

(2) 登高焊割作业人员必须戴好符合规定的安全帽，使用标准的防火安全带(安全带应符合 GB 6095—1985《安全带》的要求)，长度不超过 2 m，穿防护胶鞋。安全带上的安全绳的挂钩应挂牢。

(3) 登高焊割作业人员应使用符合安全要求的梯子。梯脚需有防滑措施，与地面夹角应小于 60°，上、下端均应放置牢靠。使用人字梯时，要有限跨钩，不准两人在同一梯子上作业。登高作业的平台应带有栏杆，事先应检查，不得使用有腐蚀或机械损伤的木板或铁木混合板制作。平台要有一定宽度，以利于焊接操作，平台不得大于 1∶3 的坡度，板面要钉防滑条。使用的安全网要张挺、结实，不准有破损。

(4) 登高焊割作业所使用的工具、焊条等物品应装在工具袋内，应防止操作时落下伤人。不得在高处向下抛掷材料、物件或焊条头，以免砸伤、烫伤地面工作人员。

(5) 登高焊割作业不得使用带有高频振荡器的焊接设备。登高作业时，禁止把焊接电缆、气体胶管及钢丝绳等混绞在一起，或缠在焊工身上操作。在高处接近 10 kV 高压线或裸导线排时，水平、垂直距离不得小于 3 m；在 10 kV 以下的水平、垂直距离不得小于 1.5 m，否则必须搭设防护架或停电，并经检查确无触电危险后，方可操作。

(6) 登高焊割作业应设专人监护，如有异常，应立即采取措施。

(7) 登高焊割作业结束后，应整理好工具及物件，防止坠落伤人。此外，还必须仔细检查工作地及下方地面是否留有火种，确认无隐患后，方可离开现场。

(8) 患有高血压、心脏病、精神病、癫痫病者以及医生认为不宜登高作业的人员，应禁止进行登高焊割作业。

(9) 六级以上大风、雨、雪及雾等气候条件下，禁止登高焊割作业。

(10) 酒后或安全条件不符合要求时，不能登高焊割作业。

(11) 工作结束后应立即将工作点周围的一切物体清理干净，应检查作业点和地面是否还有未熄灭的火种。

5. 焊接施工中中毒事故及其防止措施

气焊气割中会遇到各种不同的有毒气体、蒸气和烟尘，常见情况有：

(1) 气焊有色金属有时会产生有毒蒸气和烟尘。气焊铅时，会产生铅蒸气，引起铅中毒。气焊黄铜时，会产生锌蒸气，引起锌中毒。气焊铝及铝合金时，要用铝气焊熔剂，会产生氟化物烟尘，也引起急性中毒。

(2) 在狭小的作业空间焊接有涂层(如涂漆、塑料或镀铅、锌等)的焊件时，由于涂层物质在高温作用下蒸发或裂解形成有毒气体和有毒蒸气等。

(3) 在有毒介质的容器或环境中焊接时，没有采取通风和个人防护措施时，容易造成急性中毒。

(4) 液化石油气和乙炔中有硫化氢、磷化氢，会引起中毒。空气中乙炔和液化石油气浓度较高时，也会引起中毒。

为了防止中毒事故，应加强焊割工作场地(尤其是狭小的密闭空间)的通风措施。在封闭容器、罐、桶、舱室中焊接、切割时，应先打开施焊工作物的孔、洞，使内部空气流通，以防焊工中毒，必要时应由专人监护。

6. 碳弧切割施工的安全技术

碳弧切割时除了要遵守焊条电弧焊的有关规定外，还应注意以下方面：

(1) 碳弧切割时电流较大要避免连续工作时间过长，以防止焊机过载发热，烧毁焊机。

(2) 碳弧切割时烟尘大，操作者应佩戴送风式面罩。作业场所必须采取通风排烟除尘措施。

(3) 在锅炉、容器或狭窄场所操作时，应采取强制通风排烟的措施，为了控制烟尘的污染，可采用水弧气刨。

(4) 碳弧气割时大量高温液态金属及氧化物从电弧下吹出，应防止烫伤和火灾事故的发生。

(5) 露天顺风方向操作时，应防止吹散的熔渣烧坏工作服和灼伤皮肤，并注意周围场地防火。

(6) 碳弧切割时噪声大、弧光强，操作者应戴耳塞，并戴深色护目镜。

7. 埋弧焊施工时的安全技术

(1) 埋弧焊的焊接电缆必须符合焊机额定电流的容量要求。

(2) 埋弧自动焊机的小车轮子要有良好的绝缘，工作中应防止扭转及被熔渣烧坏。

(3) 控制箱和焊机外壳应有可靠的接地(零)和防止漏电，接线板罩壳必须完好，能防止操作人员发生触电事故。

(4) 在焊接过程中焊接操作人员应佩戴防护眼镜，防止焊剂突然停止供给而发生强烈弧光裸露灼伤眼睛。

(5) 高处作业应有可靠的工作台或工作架，预防发生焊工摔伤或设备损坏事故。

(6) 半自动埋弧焊的焊把必须有固定的放置处，以防短路。

(7) 工作场所应有良好的通风，在灌装、清扫、回收焊剂时应采取防尘措施。工作场

所附近不可放置加油机、汽油等其他易燃物品。

(8) 在调整送丝机构及焊机工作时，不得用手触及送丝滚轮。

(9) 埋弧焊机发生电气故障时，必须由专业电工进行修理。

8. 钨极氩弧焊操作安全技术

(1) 钨极氩弧焊工作场所应有良好的通风装置(厂房通风、轴流风机排风、排烟罩、排烟焊枪、轻便小风机等)以排除有害气体或烟尘。

(2) 尽可能采用放射剂量低的铈钨极。在加工钍钨极和铈钨极时，应采用密封式或抽风式砂轮磨削，操作者应戴口罩、手套等个人防护用品，加工后要洗净手脸。

(3) 高频焊枪电缆和地线应使用金属编织线屏蔽，减少高频电作业时间。

(4) 注意个人防护，穿戴非棉布工作服(如耐酸呢、柞丝绸等)，防止臭氧和紫外线损伤人体。

(5) 氩气瓶的冲装压力为 15 MPa，使用时应遵守气瓶安全使用规定。

9. 二氧化碳气体保护焊和药芯焊丝电弧焊操作安全技术

二氧化碳气体保护焊和药芯焊丝电弧焊除遵守焊条电弧焊、气体保护焊的有关规定外，还应注意以下几点：

(1) 二氧化碳气体保护焊时，电弧温度约为 6 000℃～10 000℃，电弧光辐射比手工电弧焊强，因此，应加强操作者的个体防护。

(2) 在操作二氧化碳气体保护焊时，操作者要有完善的个体防护措施，防止粗丝焊接产生的大颗粒飞溅灼伤人体。

(3) 在锅炉、容器、狭窄空间焊接时，应加强通风，使用有提供新鲜空气的特殊面罩，容器外有专人监护。防止一氧化碳及其他有害气体中毒。

(4) 二氧化碳气体预热器所使用的电压不得高于 36 V，外壳接地可靠。工作结束时应立即切断电源和气源。

(5) 装二氧化碳的气瓶不得接近热源。同时采取防高温等措施，避免气瓶爆炸事故发生。

(6) 在进行大电流粗丝二氧化碳气体保护焊接操作时，应防止焊枪水冷系统漏水破坏绝缘并在焊把前加防护挡板，以免发生触电危险。

10. 等离子弧焊接与切割操作安全技术

(1) 防电击。电源在使用时必须有可靠的接地，焊枪枪体或割枪枪体与手触摸部位必须可靠绝缘。

(2) 防电弧光辐射。操作者在焊接或切割作业时必须带上良好的手套、面罩，最好加上吸收紫外线的镜片。自动操作时，可在操作者与操作区设置防护屏。

(3) 防烟尘与烟气。切割时，在栅格工作台下方安置排风装置，吸收等离子弧焊接与切割过程中产生的大量汽化的金属蒸气、臭氧、氮化物等对操作人员呼吸道、肺等产生的不良影响。

(4) 防噪声。为了避免等离子弧产生的高强度、高频率的噪声，操作者必须戴耳塞。在可能的条件下，尽量采用自动化切割，使操作者在隔音良好的操作室内工作。

(5) 防高频。等离子弧焊接与切割时，工件接地要可靠，转移弧引燃后应立即可靠地切断高频振动器电源，防止高频对人体的危害。

第十一章　钢结构制作与安装工程安全生产技术

大中型电力建设工程中的钢结构施工主要是指锅炉大架钢结构(属重型钢结构)、锅炉车间屋架钢结构(属空间结构)、煤棚钢结构(墙体属轻型钢结构、棚顶属空间结构)。本章分四节分别就钢结构工程的概述、钢结构的分类及应用范围、钢结构工程使用的材料和钢结构安装的安全技术进行阐述。

第一节　钢结构工程概述

一、什么是钢结构

钢结构是指用钢板和热扎、冷弯或焊接型材通过连接件连接而成的能承受和传递荷载的结构形式。钢结构体系具有自重轻、工厂化制造、安装快捷、施工周期短、抗震性能好、投资回收快、环境污染少等综合优势，与钢筋混凝土结构相比，更具有在“高、大、轻”3个方面发展的独特优势，在全球范围内，特别是发达国家和地区，钢结构在建筑工程领域中得到合理、广泛的应用。

钢结构是现代建筑工程中较普通的结构形式之一。我国是最早用铁制造承重结构的国家，远在秦始皇时代(公元前246～219年)，就已经用铁做简单的承重结构，而西方国家在17世纪才开始使用金属承重结构。公元3～6世纪，聪明勤劳的我国人民就用铁链修建铁索悬桥，著名的四川泸定大渡河铁索桥，云南的元江桥和贵州的盘江桥等都是我国早期铁体承重结构的例子。

我国虽然早期在铁结构方面有卓越的成就，但由于2000多年的封建制度的束缚，科学不发达，因此，长期停留于铁制建筑物的水平。直到19世纪末，我国才开始采用现代化钢结构。新中国成立后，钢结构的应用有了很大的发展，不论在数量上或质量上都远远超过了过去。在设计、制造和安装等技术方面都达到了较高的水平，掌握了各种复杂建筑物的设计和施工技术，在全国各地已经建造了许多规模巨大而且结构复杂的钢结构厂房、大跨度钢结构民用建筑及铁路桥梁等，我国的人民大会堂钢屋架，北京和上海等地的体育馆的钢网架，陕西秦始皇兵马俑陈列馆的三铰钢拱架等。

二、钢结构的特点

与其他材料的结构相比，钢结构具有下列特点：

1. 钢结构的重量轻

钢材的容重虽然较大，但与其他建筑材料相比，它的强度却高得多，因而当承受的荷载和条件相同时，钢结构要比其他结构轻，便于运输和安装，并可跨越更大的跨度。

2. 钢材的塑性和韧性好

塑性好，使钢结构一般不会因偶然超载或局部超载而突然断裂破坏。韧性好，则使钢结构对动力荷载的适应性较强。钢材的这些性能对钢结构的安全可靠提供了充分的保证。

3. 钢材更接近于匀质和各向同性体

钢材的内部组织比较均匀，非常接近于匀质和各向同性体，在一定的应力幅度内几乎是完全弹性的。这些性能和力学计算中的假定比较符合，所以钢结构的计算结果较符合实际的受力情况。

4. 钢结构制造简便，易于采用工业化生产，施工安装周期短

钢结构由各种型材组成，制作简便。大量的钢结构都在专业化的金属结构制造厂中制造；精确度高。制成的构件运到现场拼装，采用螺栓连接，且结构较轻，故施工方便，施工周期短。此外，已建成的钢结构也易于拆卸、加固或改造。

5. 钢结构的密封性好

钢结构的气密性和水密性较好，因此一些要求密闭的高压容器、大型油库、气柜、管道等板壳结构，大多采用钢结构。

6. 钢结构的耐热性好，但防火性差

众所周知，钢材耐热而不耐高温。随着温度的升高，强度就降低。当周围存在着幅射热，温度在150℃以上时，就应采取遮挡措施。如果一旦发生火灾，结构温度达到500℃以上时，就可能全部瞬时崩溃（如：9.11美国世贸双塔大厦倒塌）。为了提高钢结构的耐火等级，通常都用混凝土或砖把它包裹起来。

7. 钢材易于锈蚀，应采取防护措施

钢材在潮湿环境中，特别是处于有腐蚀介质的环境中容易锈蚀，必须刷涂料或镀锌，而且在使用期间还应定期维护。这就使钢结构经常性的维护费用比钢筋混凝土结构高。

另外，钢结构价格比较昂贵，钢材又是国民经济各个部门必需的重要材料。从全局观点来看，建筑中钢结构的应用就受到一定的限制，并且设计时要尽量节约钢材。但若采用其他建筑材料不能满足要求或不经济时，则可考虑采用钢结构。

第二节　钢结构的分类及应用范围

一、钢结构的分类

1. 高层钢结构

高层钢结构主要是采用型钢、钢板连接或焊接成构件，再经连接而成的结构体系。高层钢结构常采用钢框架结构、钢框架-支撑结构、钢框架-混凝土核心筒（剪力墙）结构等形式，后者在现代高层、超高层建筑中应用较为广泛，属于钢-混凝土混合结构，使钢材和混凝土优势互补、充分发挥材料效能。

2. 组合结构

同一截面或各杆件由2种或2种以上材料制作的结构称组合结构。用型钢或钢板焊

(或冷压)成钢截面,再在其四周或内部浇灌混凝土,使混凝土与型钢形成整体共同受力,通称钢与混凝土组合结构。国内外常用的组合结构有:

(1) 压型钢板与混凝土组合楼板;

(2) 钢与混凝土组合梁;

(3) 型钢混凝土结构(也叫劲性混凝土结构);

(4) 钢管混凝土结构;

(5) 外包钢混凝土结构。

钢管混凝土结构在轴向压力下,混凝土受到周围钢管的约束,形成三向压力,抗压强度得到较大提高,故钢管混凝土被广泛地应用到高轴压力的构件中。外包钢结构在前苏联研究最早,应用最广泛,近年来我国主要在电厂建筑中推广使用了这种结构,取得不少工程经验和经济效益。现浇混凝土多层框架结构及楼板需满堂红脚手架和满铺模板,而采用组合结构柱、型钢混凝土梁和压型钢板与混凝土组合楼板等足以克服这些缺点,有较好的技术经济效益。由于组合结构有节约钢材、提高混凝土利用系数,降低造价,抗震性能好,施工方便等优点,在各国建设中得到迅速发展。我国对组合结构的研究与应用虽然起步较晚,但发展较快,目前有些已编入规范,有些已编成规程,对推动组合结构在我国的发展起到积极作用。

3. 轻型钢结构

主要是采用轻型 H 型钢(焊接或轧制;变截面或等截面)做成门形刚架,C 型、Z 型冷弯薄壁型钢作檩条和墙梁,压型钢板或轻质夹芯板作屋面、墙面围护结构,采用高强螺栓、普通螺栓及自攻螺丝等连接件和密封材料组装起来的低层和多层预制装配式钢结构房屋体系。

4. 空间结构

空间结构体系是随着跨度尺寸的增加以及工程技术的发展,从力学范畴中的平面结构体系发展而来的。空间结构比平面结构的适用跨度要大得多,由于空间结构受力好、刚度大、本身重量轻,能解决平面结构不能解决的问题,因此是解决大跨度建筑的更好形式。现代常用的空间结构有网架结构、薄壳结构、膜体结构及悬索结构等。

(1) 网架结构是大跨度结构最常见的结构形式,有时也称为空间网架。其杆件多采用钢管或型钢,现场安装。常见的为平面桁架、四角锥体和三角形锥体组成,其节点形式有焊接钢板节点、焊接空心球节点、螺栓球节点。

(2) 薄壳结构常用的形状为圆顶、筒壳、折板、双曲扁壳和双曲抛物面壳等。是一种受力合理的结构型式。自然界动物的贝壳和蚌壳等,都是利用最少材料获得最好效果的实例。曲面形的空间薄壁结构也主要是轴心受力,因此也能充分发挥材料的力学性能。由于它的空间作用,结构的刚度也大。几十米的大跨度屋盖,薄壳厚度仅有几厘米。

(3) 膜体结构主要分为 2 种:充气薄膜结构和应力膜皮结构。充气薄膜结构是在玻璃丝增强塑料薄膜或尼龙布罩内部充气形成一定的形状,作为建筑空间的覆盖物。穹顶不用柱子,只依靠室内外气压差来制成膜屋盖结构。应力膜皮结构一般是用钢质薄板做成很多块板片单元焊接而成的一种空间结构。

(4) 悬索结构,它是将桥梁中的悬索"移植"到房屋建筑中,可以说是土木工程中结构

形式互通互用的典型范例。

5. 多层房屋建筑

这种建筑结构为钢结构，一般为钢框架结构形式，这种房屋外形美观，室内空间大，工期短，抗震性能好，是近期发展的重点。

二、钢结构的应用范围

当前钢结构在我国的合理应用范围大致有如下几个方面：

1. 大跨度结构

用于大会堂、体育馆、展览馆、影剧院、飞机库、汽车库等。采用的结构体系主要有框架结构、拱架结构、网架结构、悬索结构和预应力钢结构。

2. 厂房结构

如冶金工厂的平炉车间、初轧车间、混铁炉车间等；重型机器厂的铸钢车间，水压机车间、锻压车间等；造船厂的船台车间；飞机制造厂的装配车间等。这些车间的主要承重骨架往往全部或部分采用钢结构。

3. 高层建筑

用于旅馆、饭店、公寓、办公楼等高层楼房。

4. 塔桅结构

用于电视塔、微波塔、高压输电线路塔，化工排气塔、大气监测塔、石油钻井塔，火箭发射塔以及无线电桅杆等。

5. 板壳结构

冶金、石油、化工企业中大量采用钢板造成的容器，如大型储液库、煤气库、高炉、热风炉等。

6. 可拆卸结构

用于装配式活动房屋、临时性展览馆等。

7. 轻钢结构

轻钢结构一般指：

(1) 建筑物的围护材料，应该是轻质高强的材料，比如彩钢板、夹芯保温板等。

(2) 结构构件用钢应是轻型 H 型钢，薄板焊接而成的型钢、冷弯薄壁型钢等轻型高效截面材料。

(3) 轻钢结构建筑的结构跨度和高度，应控制在跨度不大于 60 m，高度不大于 30 m 的范围内。

(4) 轻钢结构建筑内的起重设备(如吊车)应控制在：桥式吊车起重重量在 20 t 以下，悬挂吊车起重重量在 3 t 以下。

(5) 轻钢结构建筑的结构用钢量(包括围护构件)，单层房屋用钢量一般小于 50 kg/m^2，多层房屋一般控制在 60 kg/m^2 以下。

轻钢结构适用于中、小型房屋。

第三节　钢结构工程使用的材料

一、我国钢铁牌号表示方法

根据《钢铁产品牌号表示方法》的规定，我国钢铁产品牌号用汉语拼音、国际化学元素符号及数字结合起来表示。即用汉语拼音字母表示钢铁的名称、用途、特性、脱氧程度、冶炼质量等，见表 11-1。用国际化学元素符号表示钢中的主要元素，见表 11-2。用阿拉伯数字表示钢的顺序号、元素含量或性能数据等。

表 11-1　钢铁产品品牌章表示名称、用途、特性和工艺方法的符合

名称	采用的汉字及汉语拼音		采用符合	字体	位置
	汉　字	汉语拼音			
屈服点(碳素结构钢)	屈	QU	Q	大写	牌号头
碱性平炉炼钢用生铁	平	PING	P	大写	牌号头
顶吹氧气转炉炼钢用生铁	顶	DING	D	大写	牌号头
碱性空气转炉炼钢用生铁	碱	JIAN	J	大写	牌号头
铸造用生铁	铸	ZHU	Z	大写	牌号头
冷铸车轮用生铁	冷	LENG	L	大写	牌号头
球墨铸铁用生铁	球	QIU	Q	大写	牌号头
金属锰、金属铬	金	JIN	J	大写	牌号头
氧化钼块	氧	YANG	Y	大写	牌号头
氧气转炉(普通碳素钢用)	氧	YANG	Y	大写	牌号中
碱性空气转炉(普通碳素钢用)	碱	JIAN	J	大写	牌号中
易切削钢	易	YI	Y	大写	牌号头
电工用热轧硅钢	电热	DIAN RE	DR	大写	牌号头
电工用冷轧无取向硅钢	电无	DIAN WU	DW	大写	牌号头
电工用冷轧取向硅钢	电取	DIAN QU	DQ	大写	牌号头
家用电器用热轧硅钢	家电热	JIA DIAN RE	JDR	大写	牌号头
原料纯铁	原铁	YUAN TIE	YT	大写	牌号头
电工用纯铁	电铁	DIAN TIE	DT	大写	牌号头
碳素用工具钢	碳	TAN	T	大写	牌号头
滚珠轴承	滚	GUN	G	大写	牌号头
焊接用钢	焊	HAN	H	大写	牌号头
钢轨钢	轨	GUI	G	大写	牌号头
自行车用钢	自	ZI	Z	大写	牌号头
标准件用碳素钢	标螺	BIAO LUO	BL	大写	牌号头
铆螺钢(冷镦钢)	铆螺	MAO LUO	ML	大写	牌号头
锚链钢	锚	MAO	M	大写	牌号头
地质钻探钢管用钢	地质	DI ZHI	DZ	大写	牌号头
中空钢	中空	ZHONG KONG	ZK	大写	牌号头
船用钢	船	CHUAN	C	大写	牌号尾
汽车大梁用钢	梁	LIANG	L	大写	牌号尾
汽车车轮轮辋用钢	轮辋	LUEN WANG	LW	大写	牌号尾

续表 11-1

名称	采用的汉字及汉语拼音		采用符合	字体	位置
	汉　字	汉语拼音			
矿用钢	矿	KUANG	K	大写	牌号尾
压力容器用钢	容	RONG	R	大写	牌号尾
多层压力容器用钢	容层	RONG CHENG	RC	大写	牌号尾
低温压力容器用钢	低容	DI RONG	DR	大写	牌号尾
焊接气瓶用钢	焊瓶	HAN PING	HP	大写	牌号尾
保证淬透性结构钢	(可淬透的)	(Hardenabilty 英文)	H	大写	牌号尾
桥梁用钢	桥	QIAO	q	小写	牌号尾
锅炉用钢	锅	GUO	g	小写	牌号尾
耐蚀合金	耐蚀	NAI SHI	NS	大写	牌号头
精密合金	精	JING	J	大写	牌号中
变形高温合金	高合	GAO HE	GH	大写	牌号头
铸造高温合金			K	大写	牌号头
铸钢	铸钢	ZHU GANG	ZG	大写	牌号头
轧辊用铸钢	铸轧	ZHU GANG	ZG	大写	牌号头
灰铸铁	灰铁	HUI TIE	HT	大写	牌号头
球墨铸铁	球铁	QIOU TIE	QT	大写	牌号头
可锻铸铁	可铁	KE TIE	KT	大写	牌号头
耐热铸铁	热铁	RE TIE	RT	大写	牌号头
粉末及粉末材料	粉	FEN	F	大写	牌号头
沸腾钢	沸	FEI	F	大写	牌号尾
半镇静钢	半	BAN	B	大写	牌号尾
镇静钢	镇	ZHEN	Z	大写	一般在牌号中省略
特殊镇静钢	特镇	TE ZHEN	TZ	大写	一般在牌号中省略
高级电工纯铁或高级优质钢	高	GAO	A	大写	牌号尾
特级电工纯铁	特	TE	E	大写	牌号尾
超级电工纯铁	超	CHAO	C	大写	牌号尾
A 级碳素结构钢及低合金高强度结构钢			A	大写	牌号尾
B 级碳素结构钢及低合金高强度结构钢			B	大写	牌号尾
C 级碳素结构钢及低合金高强度结构钢			C	大写	牌号尾
D 级碳素结构钢及低合金高强度结构钢			D	大写	牌号尾
E 级低合金高强度结构钢			E	大写	牌号尾

表 11-2 钢铁产品牌号中化学元素的符号

元素名称	化学元素符号	元素名称	化学元素符号	元素名称	化学元素符号
铁	Fe	锂	Li	锕	Ac
锰	Mn	铍	Be	硼	B
铬	Cr	钙	Ca	碳	C
镍	Ni	镁	Mg	硅	Si
钴	Co	锆	Zr	硒	Se
铜	Cu	锡	Sn	碲	Te
钨	W	铅	Pb	砷	As
钼	Mo	铋	Bi	硫	S
钒	V	铯	Cs	磷	P
钛	Ti	钡	Ba	氮	N
铝	Al	镧	La	氧	O
铌	Nb	铈	Ce	氢	H
钽	Ta	钐	Sm	稀土元素	RE(不是国际符号)

汉语拼音字母的选择原则，一般从代表该产品名称(或用途、特性、工艺方法)汉字的汉语拼音中选择，原则上取第一个字母，当和另一产品所取字母重复时，改取第二个或第三个字母，或同时选取 2 个汉字的汉语拼音的第一个字母。采用汉语拼音字母原则上只取一个，一般不超过 2 个。

代表平均含碳量的数字，结构钢用万分之几的两位数字表示；工具钢、不锈耐热钢用千分之几的一位数字表示。滚动轴承钢、高速工具钢及含碳大于 1%的合金工具钢，钢号中一般不表示含碳量。

代表合金元素的数字，除铬轴承钢和低铬合金工具钢中的铬以千分之几表示以外，其他合金元素一律以平均含量的百分数数字写在其元素符号的右边。如果元素的平均含量小于 1.5%，则只写元素符号，不标明元素的含量。

铸钢、焊接用钢的钢号在牌号头分别加“ZG”和“H”以示区别。保证淬透性结构钢钢号则在尾部加“H”以示区别。

二、钢结构的材料要求

用钢材制作的各种设备、器具、装置及建筑物统称为钢结构。钢结构可分为普通钢结构、薄壁钢结构、高层建筑钢结构和钢网架结构，钢结构件也要采用相应强度的钢材并能满足下列要求。

1. 手工焊接采用的焊条的型号应与主体金属强度相适应。

2. 自动焊接或半自动焊接采用的焊条和焊剂，应与主体金属强度相适应。

计算钢结构的强度、稳定性以及连接的强度时，应采用载荷设计值；计算疲劳和正常使用极限状态的变形时，应采用载荷标准值。

钢材的强度计算值按表 11-3 选用。连接的强度计算值按表 11-4 及表 11-5 选用。但计算下列情况的钢结构或连接时，表 11-3、表 11-4、表 11-5 规定的强度设计值应乘以相应

的折减系数。

(1) 单面连接的单角钢

按轴心受力计算强度和连接：　0.85

按轴心受压计算稳定性：

等边角钢　0.6+0.001 5λ，但不大于 1.0

短边相连的不等边角钢　0.5+0.02 5λ，但不大于 1.0

长边相连的不等边角钢　0.7

λ 为长细比，对中间无连接的单角钢压杆，应按最小回转半径计算，当 λ<20 时，取λ=20。

(2) 施工条件较差的高空安装焊接和铆钉连接取 0.9。

注：当几种情况同时存在时，其折减系数应连乘。

表 11-3　钢材强度设计值　N/mm²

钢材			屈服强度 R_{eH}	抗剪 f_v	端面承压（刨平顶紧）f_{ce}
钢号	组别	厚度或直径/mm			
Q235	第 1 组	—	215	125	320
	第 2 组	—	200	115	320
	第 3 组	—	190	110	320
Q345	—	≤16	315	185	445
	—	17～25	300	175	425
	—	26～36	290	170	410
Q390	—	≤16	350	205	450
	—	17～25	335	195	435
	—	26～36	320	185	415

表 11-4　焊缝的强度设计值　N/mm²

焊接方法和焊条型号	钢结构钢材			对接焊缝				
	钢号	组别	厚度或直径/mm	抗压 f_c^w	焊缝质量为下列级别时，抗拉和抗弯 f_t^w		抗剪 f_v^w	抗拉、抗压和抗剪 f_t^w
					一、二级	三级		
自动焊半自动焊和43××型焊条的手工焊	Q235	第 1 组	—	215	215	185	125	160
		第 2 组	—	200	200	170	115	160
		第 3 组	—	190	190	160	110	160
自动焊半自动焊和E50××型焊条的手工焊	Q345	—	≤16	315	315	270	185	200
		—	17～25	300	300	255	175	200
		—	26～36	290	290	245	170	200

续表 11-4　　N/mm²

焊接方法和焊条型号	钢结构钢材			对接焊缝				
	钢号	组别	厚度或直径/mm	抗压 f_c^w	焊缝质量为下列级别时，抗拉和抗弯 f_t^w		抗剪 f_v^w	抗拉、抗压和抗剪 f_t^w
					一、二级	三级		
自动焊半自动焊和E55××型焊条的手工焊	Q390	—	≤16	350	350	300	205	220
		—	17～25	335	335	285	195	220
		—	26～36	320	320	270	185	220

表 11-5　螺栓连接的强度设计值　　N/mm²

螺栓的钢号(或性能等级)和构件的钢号		构件钢件		普通螺栓						锚栓	承压型高强度螺栓	
				C级螺栓			A级、B级螺栓					
		组别	厚度/mm	抗剪 f_t^b	抗剪 f_t^b	承压 f_t^b	抗剪 f_t^b	抗剪(Ⅰ类孔) f_t^b	承压(Ⅰ类孔) f_t^b	抗拉 f_t^b	抗剪 f_t^b	承压 f_t^b
普通螺栓	3	—		170	130	—	170	170	—	—	—	—
普通螺栓	3	—		170	130	—	170	170	—	—	—	—
锚栓	3	—		—	—	—	—	—	—	140	—	—
	16 Mn	—		—	—	—	—	—	—	180	—	—
承压型高强度螺栓	8.8级	—		—	—	—	—	—	—	—	250	—
	10.9级	—		—	—	—	—	—	—	—	310	—
构件	3	第1～3组	—	—	—	305	—	—	400	—	—	465
	16Mn	—	≤16	—	—	420	—	—	550	—	—	640
	16Mn q	—	17～25	—	—	400	—	—	530	—	—	615
		—	26～36	—	—	385	—	—	510	—	—	590
	15MnV	—	≤16	—	—	435	—	—	570	—	—	665
	15MnVq	—	17～25	—	—	420	—	—	550	—	—	640
		—	26～36	—	—	400	—	—	530	—	—	615

第四节　钢结构制作安装的安全技术

大中型电力建设项目中的钢结构工程主要指锅炉大架钢结构、锅炉雨棚钢结构、煤棚钢结构、除尘装置钢结构、油罐钢结构等。其现场制作安装施工的安全生产技术主要有以下方面。

一、钢结构制作安全生产技术

1. 大锤的木把应材质坚实，安装牢固。锤头平整，无缺棱、裂纹、卷边等缺陷。

2. 打锤时，严禁戴手套，两人以上同时打锤不得对站，掌平锤，头部要避开，防止锤头伤人。

3. 操作平台必须接地良好，其接地电阻值不得大于 10 Ω。

4. 卷板展开时，拉件索具必须牢固，展开方向两侧刃板上不准站人，松索或切板时严防钢板回弹。卷大直径筒体，应有吊具配合。

5. 使用剪板机剪切钢板，应放置平稳，上剪未复位不可送料，手不得伸入压倒刀下方。不准剪切超过厚度和压不到窄边的钢板。

6. 组装大型构件，连接螺栓必须紧固，点焊部位必须焊牢。圆筒形工件应固定垫好。

7. 使用刨边机时工件必须卡牢，小车行走轨道不得有罐障碍物。清除刨屑要停车。

8. 汽顶法施工，每节壁板顶升前，应校验限位螺杆和倒链。顶升时，倒链或花篮螺栓松紧要一致，防止移动、倾倒。罐体升至一定高度，应沿罐壁均匀点焊牢固。遇有停车事故，应立即关闭进风门调节挡板，使气罐缓慢下降。

9. 容器进行水压试验时，要采用校验合格的压力表和有合格证的安全阀，按试压方案和有关规程规定缓慢试压，严禁超压，严禁敲打容器。接头、阀门、仪表等有异常现象，要及时停压处理。

二、钢结构安装施工安全生产技术

1. 使用移动式起重机吊运构件，应确定起重机进出现场的路线和作业时起重机 2 位地点及需要的工作高度、吊臂长度和工作半径。

2. 起重机应架设在平整坚实的地面上，若场地条件不能满足架设条件要求，应根据现场情况，在技术负责人设计和指导下采用枕木之垫或采用路基箱等措施。

3. 起重机架设完毕，应检查支脚是否牢固，若支脚不能完全伸出时，应按实际伸长量计算整机稳定性，以便确定起重量，防止失稳发生事故。

4. 作业前，应进行空负荷试运转，确认发动机工作正常，离合器、制动器和各种安全装置灵敏、可靠，方可进行作业。

5. 吊运物件时，应对构件捆绑牢固，选好吊点。

6. 采用其他吊装方法，捆绑绳、滑轮、钢丝绳等吊具的使用必须符合 GB 6067《起重机械安全规程》的规定。

7. 钢结构安装作业人员在高处作业时，必须遵守 JGJ 80《建筑施工高处作业安全技术规范》和本书第四章的相关要求。

8. 钢结构安装现场附近有架空输电线路的，其安全操作距离应符合本书第五章第三节的要求，否则必须采取安全防护措施。

三、网架施工安全生产技术

1. 为网架施工搭设的各类钢管脚手架必须编制专项安全施工组织设计并进行专门

的设计计算，在作业中应遵守本书第二章的有关规定。

2. 搭设移动式脚手架操作平台，脚手架立杆应焊接在槽钢上，距槽钢面 200 mm 处必须设纵向和横向扫地杆。脚手架斜道及休息平台、作业层周边防护及脚手板铺设等应符合本书第二章的有关规定。

3. 移动式脚手架在拖移时必须遵守专项安全施工组织设计的规定。

4. 脚手架每次拖移时应有专人指挥，专人观测，先试拖 1 m～2 m 后，对架子变形情况进行检查，确认无变形后方可正式拖移。拖移定位后应对脚手架的变形情况进行全面检查，确认无变形后方可使用。

5. 网架钢螺栓球、杆件等配件，应分批吊运至脚手架平台上。不得一次大批量集中堆放在架子平台上，应做到随安装、随吊运。

6. 脚手架平台上操作人员要尽量减少，作业时不得多人集中在脚手架的一个跨距内。

7. 在网架体上安装钢螺栓球及杆件的作业人员应使用安全带，安全带应挂在牢固的结构上，安装人员必须配工具袋和工具挂钩。

8. 网架定位拖移或顶进作业时，所有设备应固定牢固，操作位置应设置牢固的作业平台，并应设置行走扶手或防护栏杆。拖移或顶进作业时，网架上不得有人停留。

第十二章　特种设备安全生产技术

第一节　特种设备概述

为了确保安全生产，保障人民群众生命财产安全，促进经济健康发展，进一步推动特种设备安全监察工作的依法开展，国务院于2003年3月11日以国务院第373号令的形式由国务院总理签发了《特种设备安全监察条例》(以下简称《条例》)。

特种设备的生产、使用涉及各行各业，特种设备的安全直接关系到广大人民群众的切身利益。为了保证特种设备的安全技术性能，《条例》规定对特种设备从设计、生产(含制造、安装)、使用、改造和重大维修进行全过程的监督检验，从而充分体现了检验检测机构在特种设备全过程各环节的安全保障作用。

《条例》所称特种设备是指涉及生命安全、危险性较大的设备和设施的总称。其具有“涉及生命安全、危险性较大”这4个基本特征，具体是指锅炉、压力容器、压力管道、电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施等7种特种设备。这些特种设备是因设备本身性能和外在因素的影响容易发生事故，极易造成群死群伤和重大经济损失。国家对特种设备实施强制性安全监察，是借鉴了欧美发达国家的有益经验，也是我国几十年来对特种设备管理的一贯做法。近年来，我国安全生产形式严峻，特种设备事故的发生率已呈现出上升的势头。认真贯彻落实《中华人民共和国安全生产法》和《条例》，以促进特种设备的安全监察工作得到进一步的加强、完善和规范是特种设备管理的当务之急。

1. 锅炉

是指利用各种燃料、电或其他能源，将所盛装的液体加热到一定的参数，并承载一定压力的密闭设备，其范围规定为容积大于或等于30 L的承压蒸汽锅炉；出口汽压大于或等于0.1 MPa(表压)，且额定功率大于或等于0.1 MW的承压热水锅炉、有机热载体锅炉。

2. 压力容器

是指盛装气体或液体，承载一定压力的密闭设备，其范围规定为最高工作压力大于或等于0.1 MPa(表压)，且压力与容器的乘积大于或等于2.5 MPa·L的气体、液化气体和最高工作温度高于或等于标准沸点的液体的固定式容器和移动式容器；盛装公称工作压力大于或等于0.2 MPa(表压)，且压力与容积的乘积大于或等于0.1 MPa·L的气体、液化气体和标准沸点等于或低于60℃液体的气瓶、氧舱等。

3. 压力管道

是指利用一定的压力，用于输送气体或液体的管状设备，其范围规定为最高工作压力大于或等于0.1MPa(表压)的气体、液化气体、蒸汽介质或可燃、易爆、有毒、有腐蚀性、最高工作温度高于或等于标准沸点的液体介质，且公称直径大于25 mm的管道。

4. 电梯

是指利用动力驱动沿刚性导轨运行的箱体或沿固定线路运行的梯级(踏步),进行升降或平行运送人、货物的机电设备,包括载人(货)电梯、自动扶梯、自动人行道等。

5. 起重机械

是指利用垂直升降或垂直升降并水平移动重物的机电设备,其范围规定为额定起重量大于或等于0.5t的升降机;额定起重量大于或等于1 t,且提升高度大于或等于2 m的起重机和承重形式固定的电动葫芦等。

6. 客运索道

是指动力驱动,利用柔性绳索牵引箱体等运载工具运送人员的机电设备,包括客运架空索道、客运缆车、客运拖牵索道等。

7. 大型游乐设施

是指用于经营目的,承载乘客游乐的设施,其范围规定为设计最大运行线速度大于或等于2 m/s,或运行高度距离地面高于或等于2 m的载人大型游乐设施。

如前所述特种设备是指锅炉、压力容器、压力管道、电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施。在大中型火电建设工程中涉及的特种设备主要有锅炉、压力容器、压力管道、电梯和起重机械等。

上述特种设备中电梯和起重机械的安全生产技术,我们在本书的第八章和第九章的有关章节中已做介绍。本章我们对锅炉、压力容器、压力管道的安全生产技术分别进行介绍。

第二节 锅 炉

大中型电力建设项目的施工周期一般都很长,除了主体工程上的锅炉外,还有临时设施中供施工人员日常生活用的锅炉。本节我们将两类锅炉在安装和使用过程中的安全技术一并介绍。

一、锅炉的概述与分类

1. 锅炉的概述

锅炉是将燃烧产生的化学能转化为热能,利用热能加热水,使水变成符合参数要求的蒸汽或热水,供生产和生活上使用的一种热能设备。“锅”是指锅炉中盛水和蒸汽的密封受压部分;“炉”是指锅炉中燃烧产生高温的部分。电力锅炉是在生产中产生蒸汽推动汽轮发电机生产电能的锅炉。

2. 锅炉的分类

(1) 锅炉按用途分为:电站锅炉、工业锅炉、生活锅炉、机车锅炉、船舶锅炉等。

(2) 按锅炉产生的蒸汽压力分为:

亚临界锅炉:蒸汽压力16.7 MPa;

超高压锅炉:蒸汽压力13.7 MPa;

高压锅炉:蒸汽压力9.8 MPa;

中压锅炉：蒸汽压力 3.8 MPa；

低压锅炉：蒸汽压力 2.5 MPa。

（3）按锅炉产生的蒸发量分为：大型、中型、小型锅炉。

（4）按载热介质分为：蒸汽锅炉、热水锅炉和有机热载体锅炉。

（5）按热能来源分为：燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉、废热锅炉。

（6）按锅炉结构分为：锅壳式锅炉、水管锅炉。

（7）在燃煤锅炉中按燃烧方式分为：层燃炉、沸腾炉、煤粉炉（室燃炉）。层燃炉又分为手烧炉、链条炉、往复炉、抛煤机炉、振动炉排炉。

（8）按蒸发段工质循环动力分为：自然循环锅炉、强制循环锅炉和直流锅炉。

二、锅炉的结构

1. 锅炉结构主要由锅筒、水冷壁、集箱、对流管束、烟火管等受压部件及其他部件组成。

（1）锅筒

锅筒是水管锅炉的心脏，是锅炉的最重要部件，有双锅筒和单锅筒之分，双锅筒分上、下两个锅筒，上锅筒又叫汽包或汽鼓。单锅筒一般置于锅炉的上方，相当于汽包。其作用是汇集、贮存、净化蒸汽和补充给水。它是由锅炉钢板卷成筒形，两端加封头。

（2）水冷壁

水冷壁是布置在炉膛两侧或四周的立置单排并列的管子。它的作用一是吸收炉膛内辐射热量，是水管锅炉重要的受热面；二是以对炉墙起保护作用，可以降低炉膛温度，防止燃烧煤层结焦。

（3）集箱

集箱也叫联箱，它不是一个独立的部件，而是水冷壁、省煤器、过热器等部件的组成部分，即分别有水冷壁集箱、省煤器集箱、过热器集箱等，其作用是用来汇集和分配管内工质的流量。

（4）对流管束

对流管束又称对流排管，是布置在炉膛出口之外、对流烟道中的密集管束群。管内的介质与高温烟气对流传热。对流管束是水管锅炉的主要受热面。

（5）烟、火管

烟、火管采用无缝钢管或有螺纹槽的异型钢管焊接或胀接在锅炉两端的管板上，是烟管锅炉或水火管组合式锅炉的主要受热面。

（6）其他部件

其他部件主要有炉墙、炉排、锅炉钢架等，与锅炉主要受压部分组成一台锅炉。

2. 立式锅壳式锅炉（电力建设项目常用于施工人员生活的临时设施）

立式锅壳式锅炉的圆筒形锅壳是立置的，其燃烧室（炉胆）和火管（或水管）都在锅壳内，结构紧凑，整装出厂，运输安装方便。占地面积小，使用管理方便。其蒸发量在 1 t/h 以下，压力在 0.49 MPa～0.78 MPa。全部是手烧固定炉排，燃烧空间小，水冷程度大，排烟温度高达 600℃～700℃，热效率低，约为 50%～60%。

在使用过程中，这种类型的锅炉经常会发生人、手孔泄漏，烟管被烟灰堵塞，U 形下

脚圈腐蚀，结水垢不易清除等问题。

主要有立式横水管锅炉、立式弯水管锅炉、立式直水管锅炉。

立式直水管锅炉是我国近些年发展起来的小型立式锅炉。

立式直水管锅炉，由锅壳、炉胆、上下管板，直水管等主要部件组成。

这种锅炉水循环安全可行、热效率较高、清垢方便，但直水管区易积灰。一般蒸发量分为 0.2 t/h、0.4 t/h、0.7 t/h、1 t/h4 种，蒸汽压力为 0.49 MPa～0.78 MPa。

小型立式汽水两用炉是一种反烧、节能、污染小、容量小、压力小于 0.1 MPa 型的多用炉。

该型锅炉主要结构由锅壳、筒身、炉胆、串水管、炉膛管、炉排管、U 形下脚圈、冲天管等组成。

3. 卧式锅壳式锅炉（电力建设项目常用于施工人员生活的临时设施）

卧式锅壳式锅炉有单火筒、双火筒（炉胆）、卧式外燃水火管快装锅炉等。前两种在 20 世纪 60 年代已淘汰。

卧式锅壳式锅炉的锅壳是卧置的，其炉排在炉胆内沿轴向布置，其炉排和受热面积可以不受锅壳直径限制，通过变更锅壳长度来变更炉排和受热面积大小，因而，其容量一般比立式锅炉要大。卧式锅壳式锅炉特点是：结构简单、紧凑，易于移动安装和检修，对水质要求不太高。但刚性较大，热膨胀补偿能力差，受热不均匀，易产生温度应力。60 年代后期，以卧式内燃回火管锅炉和卧式外燃水火管锅炉代替了旧有的康尼许、兰开夏等锅炉。

目前经常使用的卧式快装锅炉，其蒸发量在 1 t/h～6.5 t/h，其蒸汽压力在 0.78 MPa～1.25 MPa。

主要有卧式内燃回火管锅炉、卧式外燃水火管锅炉。

这种锅炉的主要优点：结构紧凑、体积小、整装出厂、安装运输方便、金属耗量小、烟速高、传热效果好、热效率高、生火启动快等。主要缺点是：锅壳下部直接受火焰加热、底部易结垢影响传热，且易产生过热鼓包变形，前后管板与筒体之间的角板拉撑系全焊结构，受力复杂，易被拉开出现裂纹。烟管外部水垢不易清除，给水必须经过处理。水容积小，水位下降快，需保证连续供水。

三、锅炉的附属设备

1. 省煤器

省煤器是锅炉中为节省燃料而布置在尾部烟道中的辅助受热面。给水装置送入锅炉的水，首先进入省煤器，省煤器外部受烟气加热，水流过省煤器内部时不断升温，烟气余热提高了水的温度，再由管道送入锅筒，从而节省 5%～10%的燃料，提高了锅炉运行的经济性。

2. 过热器

过热器是工业小型水管锅炉中产生过热蒸汽的部件。过热器的两端分别连接在过热器进口和出口的集箱上，进口集箱经管道与上锅筒相连，出口集箱经管道与分汽缸或主汽阀相连。

3. 空气预热器

空气预热器是烟道与空气之间进行热量交换的换热器。它通常布置在锅炉尾部烟道中，且布置在省煤器之后。其作用一是降低排烟温度、减少排烟热损失；二是促进燃料及时着火，稳定和完善燃烧，提高锅炉热效率。

4. 锅炉通风设备

为了保证锅炉燃烧过程的正常进行，空气需要不断地被送入炉膛内，并及时将燃烧产生的烟气引至炉外，所用设备为鼓风机和引风机。锅炉上的风机大都是离心式通风机。

5. 给水设备

给水设备是保证锅炉正常运行的重要设备之一，常用离心式水泵、多级泵、蒸汽往复泵。

6. 除尘器

锅炉在正常运行中，排放的烟气含有炭黑和飞灰及未燃尽的炭粒，利用除尘器将这些尘粒捕捉后再排入大气中，保证大气的环境质量，减少大气污染。

7. 其他设备

除了上述设备外，还有上煤出渣系统、水质软化设备、钠离子交换器及其附属管道等。

四、锅炉的安全附件

由于电力建设锅炉的使用条件比较苛刻（如高温、高压），局部应力比较复杂，而且锅炉一旦投用，一般要求连续运行，而不能任意停车，否则会影响生产系统或区域的生产和生活，因此，必须确保锅炉的安全运行，保证其安全附件的完好。

1. 安全阀

安全阀是锅炉上的重要安全附件之一，它对锅炉内部压力极限值的控制及对其安全保护起着重要的作用。

（1）安全阀的安装

安全阀应垂直安装，装设在锅筒或集箱液面以上气相空间部分或装设在锅筒或集箱气相空间相连的管道上。液化气体储罐上的安全阀必须装设在储罐上的气相部位。锅筒或集箱与安全阀之间的连接管和管件的通孔，其截面积不得小于安全阀的进口截面积，其接管应尽量短而直。安全阀与锅筒或集箱之间一般不宜装设截止阀门。锅筒或集箱一个连接口上装设 2 个或 2 个以上的安全阀时，则该连接口入口的截面积，应至少等于这些安全阀的进口截面积总和。但氧气和可燃气体以及其他能相互产生化学反应的 2 种气体不能共用 1 根排放管。

安全阀装设位置，应便于检查和维修。锅炉上装设的封闭式安全阀，应配置排放管，以便将介质排放到室外或其他安全场所。排放管应尽量避免曲折和急转弯，以减少阻力，直径应不小于安全阀出口的公称直径。排放管要有适当支撑，以免使安全阀产生过大的附加应力或引起振动。排放管如有可能积聚冷凝液体或雨水等时，应在能够将其全部排净的地方装设能接到地面的泄水管。排气管和泄水管上都不能装设阀门。

（2）安全阀的调试　安全阀在安装前以及在锅炉做定期检验时，应进行耐压（强度）试验、密封试验和校正调整等。

(3) 安全阀的维护和检查　要使安全阀经常处于良好的状态，保持灵敏正确，必须在锅炉的日常运行过程中加强对它的维护和检查。

经常保持安全阀的清洁，防止阀体弹簧等被油污、垢污等粘住或锈蚀，防止安全阀排放管被油垢或其他异物堵塞；经常检查安全阀的铅封是否完好，杠杆式安全阀的重锤是否有松动、被移动以及加挂重物的现象；安全阀必须实行定期检验，包括清洗、研磨、试验和校正调整；安全阀一般每年至少应校验 1 次，拆卸进行校验有困难时应采用现场校验(在线校验)。

2. 压力表

压力表或叫压力计是用来测量锅炉中介质压力的一种计量仪表。凡是锅炉以及需要单独装设安全泄压装置的锅筒或集箱，都必须装有压力表。它可以显示出锅炉内的压力，使操作人员能够正确操作，防止超压发生事故。

压力表是用以测量压力的器具。压力表按照结构和工作原理不同分为液柱式、弹性元件式、活塞式和电量式 4 类。锅炉使用的压力表一般都是弹性元件式，而且大都是单弹簧管式压力表。

(1) 压力表的装设

压力表装设位置应便于操作人员观察和清洗，且应避免受到辐射热、冻结或震动等不利影响；压力表与承压设备之间，应装设旋塞；用于水蒸气介质的压力表，压力表的接管上应装有存水弯管；用于具有腐蚀性或高黏度介质的压力表，在压力表与承压设备之间应装设能隔离介质的缓冲装置；应根据锅炉的最高许用压力，在压力表的刻度盘上划上警戒红线。

(2) 压力表的维护

要使压力表保持灵敏准确，除了合理选用和正确安装以外，在锅炉运行过程中应加强对压力表的维护和检查，并定期校验。

压力表应保持洁净，表盘上的玻璃要明亮清晰，使表盘内指针指示的压力值能清楚易见。压力表的连接管要定期吹洗，以免堵塞。特别是用于含有较多油污或其他黏性物料气体的压力表连接管，应勤吹洗。经常检查压力表指针的转动与波动是否正常，检查连接管上的旋塞是否处于开启状态。

压力表必须定期进行校验，已经超过校验期限的压力表应停止使用。在锅炉正常运行过程中，发现压力表指示不正常，应立即检验校正。压力表校验后应加铅封。

压力表有下列情况之一时，应停止使用：

(1) 有限止钉的压力表，在无压力时，指针不能回到限止钉处；没有限止钉的压力表，在无压力时，指针距零位的数值超过压力表的允许误差。

(2) 表盘封面玻璃破裂或表盘刻度模糊不清。

(3) 表内弹簧管泄漏或压力表指针松动。

(4) 封印损坏或超过校验有效期。

(5) 其他影响压力表准确指示的缺陷。

3. 锅炉的其他安全附件

(1) 水(液)位计

水(液)位计是用来指示水(液)位(水-汽交界面)的一种装置,主要用于锅炉上。运行人员通过水位表观察并调节水位,防止发生锅炉缺水或满水事故。每台锅炉至少应装设两个彼此独立的水位表。

锅炉运行时水位的高低与安全有密切的关系。水位过高,严重时会造成管路受剧烈的水冲击,造成满水事故;水位过低,以致造成严重缺水,会造成炉管过热变形、爆裂,甚至会发生重大爆炸事故。要想保证锅炉正常安全运行,必须保持锅炉内的水位正常,所以水位计是锅炉上主要安全装置之一。

(2) 温度测量装置

温度是锅炉热力系统的重要参数之一,为了掌握锅炉的运行状况,做好锅炉的安全、经济运行,在锅炉热力系统中,对锅炉的给水、蒸汽、烟气等介质都得依靠温度测量装置进行测量监视。

(3) 超温报警和连锁保护装置

超温报警装置安装在热水锅炉的出口处,当锅炉的水温超过规定的水温时,自动报警,提醒司炉人员采取措施减弱燃烧。超温报警和连锁保护装置连锁后,还能在超温报警的同时,自动切断燃料的供应和停止鼓、引风,以防止锅炉发生超温而导致锅炉损坏或爆炸。

(4) 高低水位警报和低水位联锁保护装置

当锅炉内的水位高于最高安全水位或低于最低安全水位时,水位警报器就自动发出警报,提醒司炉人员采取措施防止事故发生。

(5) 锅炉熄火保护装置

当锅炉炉膛熄火时,锅炉熄火保护装置将切断燃料供应,并发出相应信号。

(6) 排污阀或放水装置

排污阀或放水装置的作用是为了排放锅水蒸发而残留下的水垢、泥渣及其他有害物质,使锅水的水质控制在允许的范围内,使受热面保持清洁,以确保锅炉的安全、经济运行。

(7) 防爆门

为防止炉膛和尾部烟道再次燃烧造成破坏,常采用在炉膛和烟道易爆处装设防爆门。

(8) 锅炉自动控制装置

通过工业自动化仪表对温度、压力、流量、物位、成分等参数的测量和调节,达到监视、控制、调节生产的目的,使锅炉在最安全、经济的条件下运行。

(9) 其他安全泄压装置

锅炉的安全泄压装置是指当设备的压力升高时能自动开启使其压力下降的一种装置。每台锅炉都必须装有安全泄压装置。除安全阀以外其他安全泄压装置的类型有防爆片、防爆帽、易熔塞等。

五、锅炉的安装

(一) 锅炉安装的基本要求

1. 准确性:保证锅炉主要部件及受热面的形状、尺寸和位置的准确性。

2. 受热面管、箱内部清洁度:安装时必须进行吹扫和通球试验,防止运行时受热不均

发生爆管等事故。

3. 严密性：保证管道各焊口和水冷壁密封缝的焊接质量，防止受热面管发生焊口和炉体漏灰。

4. 结构牢固：锅炉受热面组对后均须进行加固，保证构件的刚度和强度。

5. 热膨胀性：锅炉受热面支持系统的施工必须保证锅炉运行管道及各部件的热膨胀。

（二）锅炉安装的主要内容

锅炉安装的主要程序如下：

安装前的准备；锅炉基础验收与划线；钢架及平台的安装；锅炉本体受热面安装；水冷壁排管组装；过热器安装；省煤器安装；锅筒内部装置的安装；锅炉燃烧装置的安装；锅炉范围内汽水管道、阀门及热工仪表的安装；锅炉本体水压试验；筑炉、保温及风道安装、烟道的严密性试验；附属设备安装；单机试运；烘炉、煮炉；锅炉试运行。

（三）锅炉基础验收及放线

1. 基础验收。锅炉及辅助设备基础的允许偏差应符合表 12-1 的规定。

2. 基础放线。首先在主机基础上放出纵向、横向及标高基准线，地脚螺栓孔（或预埋件）中心线，再放出各相关辅机的纵、横向及标高基准线。锅炉基础划线时，纵向和横向中心线应互相垂直；相应两柱子定位中心线的间距允许偏差为 2 mm；各组对称 4 根柱子定位中心点两对角线长度之差不应大于 5 mm。

表 12-1　基础的允许偏差

项　　目		允许偏差/mm	
纵轴线和横轴线的坐标位置		±20	
不平面的标高（包括柱子基础面上的预埋钢板）		0，－20	
平面的水平度（包括柱子基础面上的预埋钢板）		每米	5
		全长	10
外形尺寸	平面外形尺寸	±20	
	凸台上平面外形尺寸	0，－20	
	凹穴尺寸	＋20，0	
预留地脚螺丝孔	中心位置	±10	
	深度	＋20，0	
	孔壁垂直度（每米）	10	
预留地脚螺丝	顶端标高	＋20 0	
	中心距（在根部和顶部两处测量）	±2	

（四）钢架及平台安装

1. 组装前的检查与校正

锅炉钢架部件因运输、装卸可能产生变形，因此安装前应在地面上进行检查和校正。锅炉柱子、梁等主要构件的检查项目和允许偏差应符合表 12-2 的规定。

表 12-2　柱子、梁等主要构件允许偏差

项　　目		允许偏差/mm
柱子长度/m	≤8	0，−4
	>8	+2，−4
梁的长度/m	≤1	0，−4
	1～3	0，−6
	3～5	0，−8
	>5	0，−10
柱子、梁的直线度		长度的 1/1 000，且不大于 10

2. 钢架的组对

锅炉钢架的柱、梁、支架及平台的组对，一般根据施工现场条件和吊装机具的能力，可以将柱、梁、支架及平台全部在地面钢架平台上组对或部分组对，然后整体吊装。

3. 钢架安装

（1）安装钢架时，应先根据柱子上托架和柱头标高，在柱子上划出 1m 标高线。找正柱子时，应根据厂房运转层上的标高基准点，测定各柱子上的 1m 标高线。柱子上的 1m 标高线作为以后安装锅炉各部件、元件检测时的基准标高。

（2）钢架安装允许偏差和检测方法应符合表 12-3 的规定。

表 12-3　钢架安装允许偏差和检测方法

项　　目	允许偏差/mm	检测方法
各柱子的位置	±5	
任意两柱子间的距离（宜取正偏差）	间距的 1/1 000，且不大于 10	
柱子上的 1 m 标高线与标高基准点的高度差	±2	以支撑锅筒的任意一根柱子作为基准，用水平仪测定其他柱子
各柱子相互间标高之差	3	
柱子的垂直度	高度的 1/1 000，且不大于 10	
各柱子相应两对角线的长度之差	长度的 1.5/1 000，且不大于 15	在柱脚 1 m 标高和柱头处测量
两柱子间的垂直面内两对角线的长度之差	长度的 1/1 000，且不大于 10	在柱子的两端测量
支撑锅筒梁的标高	0，−5	
支撑锅筒梁的水平度	长度的 1/1 000，且不大于 3	
其他梁的标高	±5	

(3) 钢架的固定

锅炉钢架的固定一般有2种：

一种是将钢架柱脚固定在基础上并需要与预埋钢筋焊接固定，这种固定的方法安装时，应将钢筋弯曲并紧靠在柱脚上，其焊缝长度应为预埋钢筋直径的6～8倍；

另一种固定方法是采用垫铁安装。采用垫铁安装时，基础表面与柱脚底板的二次灌浆间隙不得小于50 mm。垫铁应布置在立筋下方，每个立柱垫铁的承受总面积可根据立柱的设计荷重计算，但垫铁的单位面积的承压力，不应大于基础设计混凝土强度等级的60%。垫铁安装后，用手锤检查应无松动，并将垫铁与垫铁、垫铁与柱脚底板点焊。

(五) 锅筒和集箱的安装

锅筒、联箱吊装必须在锅炉构架找正和固定完毕后，立柱底板下浇灌混凝土强度已达到75%以上时可进行锅筒的安装。

1. 锅筒安装前的检查

(1) 检查锅筒外观因运输、装卸过程中是否存在有损坏，特别是检查管边缘是否受损，小直径管座是否损坏或断裂。

(2) 检查各焊缝是否有裂纹、未熔合、夹渣、弧坑、气孔和咬边等缺陷，锅筒焊缝内部质量也在检查之列。

(3) 少数管孔内环向或螺旋形刻痕深度不应大于0.5 mm，宽度不应大于1 mm，刻痕至管孔边缘的距离不应小于4 mm。管孔不得有纵向刻痕。

(4) 对每个管孔进行清洗、除锈、抛光、编号时，测量管孔内径、圆度和圆柱度。圆柱度的检查方法：测量管孔上边缘直径和正点边缘直径的差。胀管孔的直径允许偏差见表12-4。

表12-4 胀管孔的直径允许偏差 mm

管子公称外径		32	38	42	51	57	60	63.5	70	76	83	89	102
管孔直径		32.8	38.3	42.3	51.3	57.5	60.5	64.0	70.5	76.5	83.6	89.6	102.7
孔允许偏差	径	+0.34,0			+0.40,0						+0.46,0		
	度	0.14			0.15						0.19		
	柱度	0.14			0.15						0.19		

(5) 锅筒全长弯曲度在筒体长度为5 m～7 m时，不应大于7 mm；长度为7 m～10 m时不应大于10 mm。

(6) 确定锅筒两水平中心线的标记位置的正确性。

2. 集箱的检查

检查集箱内是否有杂物，并清扫干净。检查集箱管座角焊缝的质量，不得有裂纹、气孔、弧坑和咬边等现象。检查管接头是否碰坏，管接头的壁厚和直径是否符合图纸要求，管接头位置，尤其两端管接头位置是否超差。

3. 锅筒、集箱支承件的安装

由于锅炉的结构不同，锅筒支承方式也不一样，一般有支座和吊挂2种。安装支座和

吊挂时，应符合下列要求：保证锅筒位置正确；接触部位圆弧应吻合，局部间隙不宜大于2 mm；支座与梁接触应良好，不得有晃动现象；吊挂装置应牢固，并应临时固定；清洗活动支座，并在滚柱上涂上墨粉润滑脂；按其膨胀方向预留支座的膨胀间隙，并应临时固定。

4. 锅筒吊装

锅筒吊装方式应根据现场条件和吊装机具的能力进行选择。锅筒吊装时，要注意如下问题：

锅筒要绑扎牢固，钢丝绳与锅筒接触处垫上厚度10 mm的木板，禁止将钢丝绳直接拴在管座上或管孔内，并与短管要保持一定的距离，以防钢丝绳滑动碰弯短管。

不得把撬棍插入管座或管孔内进行撬动作业。为避免锅筒支座在锅筒就位过程中擦伤锅筒，应在锅筒支座上垫厚度大于10 mm的胶板。起吊过程应缓慢、平稳上升，避免锅筒碰撞钢架。

5. 锅筒及集箱的找正

(1) 锅筒的找正

锅筒的找正按下列步骤进行：

a) 确定锅筒和纵、横向中心线。用线坠将上锅筒的外壁投影在地面上，检查投影线与基础放线时确定的锅筒中心线之间的平行度和距离。用千斤顶调整锅筒支座，使锅筒壁投影线与锅筒中心线的基准线平行，且基准线与投影线间的距离等于锅筒半径。

b) 调整锅筒沿圆周方向转动，使锅筒全长的横向水平不大于1 mm。

c) 用胶管水平仪测量锅筒的纵向水平度，并在低的那一端锅筒支座上垫上相应厚度薄钢板或高压石棉板，使锅筒在全长上的纵向水平不超过2 mm。

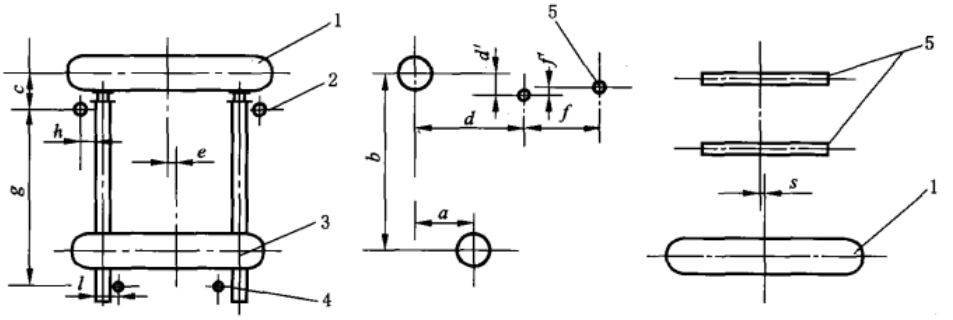
d) 锅筒找正后，要将锅筒用临时支架加以固定，使其在对流管束胀接时，承受胀接过程中管子变形力较大的情况，既不能沿圆周方向转动又不能沿锅筒纵向移动。

e) 将锅筒支座与锅筒支撑梁焊接好。锅筒支座的挡铁在对流管束胀接完毕后拆除。

f) 下锅筒的找正是将锅筒提升至其设计位置稍高处。做一组临时支架，使其顶平面标高等于锅筒中心设计标高减去下锅筒半径。以上锅筒为基准，调整上、下锅筒中心线之间的投影距离(即水平距离)和平行度，然后，将铁制楔块与临时支架点焊牢固，调整上、下锅筒之间横向中心线的距离。最后调整下锅筒找正时最终的测量距离。

(2) 集箱的找正

集箱一般分横向和纵向布置。集箱的找正方法与下锅筒的方法相同，使用的基准是锅筒的标高和纵、横向中心线。对于横置式集箱来说，锅筒纵向中心线是它与集箱纵向中心线之间平行度和水平距离的基准，而平移后的基础纵向线则是集箱横移后的基准；对于纵置集箱来说，因为钢架立柱垂直度有偏差，为了保证炉墙顺利砌筑。钢架立柱中心线是集箱纵向中心的测量基准，锅筒纵向中心线则是与集箱横向中心线间距离的基准。将各集箱的水平度以及相对于基准的平行度、高差和中心位置测量数据记录好，如图12-1所示。锅筒和集箱安装的允许偏差见表12-5，集箱找正后，应用型钢制作的临时支架进行固定。



1—上锅筒；2—水冷壁上集箱；3—下锅筒；4—水冷壁下集箱；5—过热器集箱

图 12-1　锅筒、集箱间的距离测量示意图

表 12-5　锅筒、集箱安装的允许偏差

项　　目	允许偏差/mm
上锅筒的标高	±5
锅筒纵、横向中心线与安装基准线的水平方向距离	±5
锅筒、集箱全长的纵向水平度	2
锅筒全长的横向水平度	1
上、下锅筒之间水平方向距离(a)和垂直方向距离(b)	±3
上锅筒与上集箱的轴心线距离(c)	±3
上锅筒与过热器集箱的距离(d，d')、过热器集箱间的距离(f，f')	±3
上、下集箱间的距离(g)、集箱与相邻立柱中心距离(h，l)	±3
上、下锅筒横向中心线相对偏移(e)	2
锅筒横向中心线与过热器集箱横向中心线相对偏移(s)	3

6. 锅筒内部的安装

锅筒内部装置的安装，应在水压试验合格后进行，其安装应符合下列要求：零部件的数量不得缺少；蒸汽、给水连接隔板的连接应严密不漏，焊缝应无漏焊和裂纹；法兰结合面应严密；连接件的连接应牢固，且有防松装置。

（六）受热面管的安装

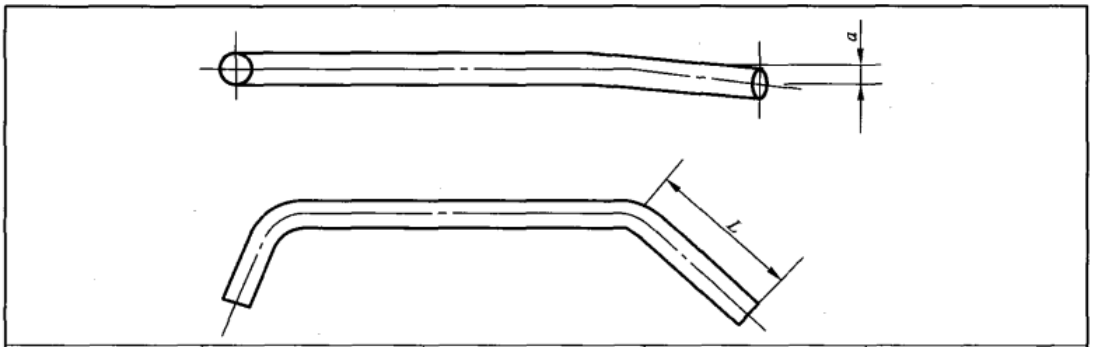
1. 受热面管子的胀接

(1) 管子的质量检查

受热面管子的质量检查应符合下列要求：

弯曲管的平面度超过表 12-6 规定的要求时，应放样予以校正。

表 12-6　弯曲管的平面度允许偏差



L/mm	≤500	>500～1 000	>1 000～1 500	>1 500
a/mm	≤3	≤4	≤5	≤6

管子的外径和壁厚的允许偏差要符合表 12-7 的规定。

表 12-7　受热面管子的外径和壁厚的允许偏差　　mm

钢管种类	钢管尺寸		精确度	
			普通级	高级
热轧管	外径	<57	±1.0% (最小值为±0.5)	±0.75% (最小值为±0.3)
		57～159	±1.0%	±0.75%
	壁厚	3.5～20	+15% −10%	±10%

合金钢管应逐根进行检查。

受热面管排列应整齐，局部管段与设计安装位置偏差不宜大于 5 mm。胀接管口的端面倾斜度不应大于管子公称外径的 1.5%，且不大于 1 mm。

受热面管子应作通球检查，通球后的管子应有可靠的封闭措施，通球直径应符合表 12-8 的规定。

表 12-8　通球直径　　mm

弯管半径	<2.5 D_w	≥2.5D_w，且<3.5D_w	≥3.5D_w
通球直径	0.75 D_n	0.80 D_n	0.85 D_n

(2) 管子的胀接

a) 管子胀接前的准备工作

① 管端退火：为了提高管子的塑性，防止胀管时产生裂纹，管子在胀管前应对管端进行退火。管端退火时应注意以下几点：

退火温度控制在 600℃～650℃，时间保持 10 min～15 min；管端退火长度为 100 mm～150 mm，且受热均匀；管端冷却要缓慢，并用石棉灰干燥。

② 管端与管孔的清理：管子胀接前，应清除管端和管孔的表面油污，并打磨至发出金

属光泽。管端的打磨长度至少为管孔壁厚加 50 mm。打磨后，管壁厚度不得小于公称壁厚的 90%。退火后的管子要除去管端胀接面上的氧化层、锈点、斑痕、纵向沟槽等。

③ 管子和管孔的选配：管子和管孔的选配方法如下：

计算管端和管孔的平均直径。将这两种直径分别按大小顺序排列，然后根据相同的序号进行初步选配，使全部管子与管孔之间的间隙都比较均匀。选配前，先测量经打磨的管外径、内径和管孔的直径。将管孔的直径数据记录在管孔展开图上，管端和外径和内径的数据也分别加以记录，然后根据数据统一进行选配。选配时，将同一规格中的管子配在相应的大的管孔上，小的管子配在相应的小的管孔上，然后将选定的管子编号记入管孔展开图上。在胀管时，将管子按选定的编号插入管孔内进行胀接。经过选配以后，各管孔与管子之间的间隙都比较均匀，每个管端的扩大程度也相差不大，这样便于控制胀管率，以保证胀管质量。经过清理后的管端和管孔直径的最大间隙应符合表 12-9 的规定。

表 12-9　管端和管孔直径的最大间隙表　　mm

管子公称外径	32～42	51	57	60	63.5	70	76	83	89	102
最大间隙	1.29	1.41	1.47	1.50	1.53	1.60	1.66	1.89	1.95	2.18

b) 管子的试胀

管子试胀的目的就是在锅筒和管子的材质、管端退火质量及打磨质量等特定条件下，在保证胀接质量的前提下，有较小的胀管率。

胀管率：是指管孔在外力作用下产生的相对残余变形。是测量管子内径在胀接前后的变化值或测量紧靠锅筒外壁处管子终胀后的外径计算。前者称为内径控制法，后者称为外径控制法。其计算公式分别为：

$$H_n=[(d_1-d_2-\delta)/d_3]\times 100\%$$

$$H_w=[(d_4-d_3)/d_3]\times 100\%$$

式中　H_n——采用内径控制法时的胀管率；

H_w——采用外径控制法时的胀管率；

d_1——胀完后的管子实测内径，mm；

d_2——未胀时的管子实测内径，mm；

d_3——未胀时的管孔实测直径，mm；

d_4——胀完后紧靠锅筒外壁处管子实测外径，mm；

δ——未胀时管孔与管子实测外径之差，mm。

该公式中符号表示如图 12-2 所示。

c) 胀管步骤

① 为了使各种规格的管子在胀管过程中有参考基准，开始时要先胀接锅筒两端的基准管。基准管先挂两端最外面的 2 根管。开始这 4 根管只做初胀（即胀到管端直径与管孔直径基本相同），然后检测 4 根管子相互间的距离（包括对角线）、管子直管段的垂直度和管端伸入长度。调整并符合要求。

② 将图 12-3 所示的基准管固定架用管卡固定在管子上，并将固定与锅炉钢柱焊牢。然后，将 4 根基准管胀好。这 4 根管子是各管排基准管中的基准。

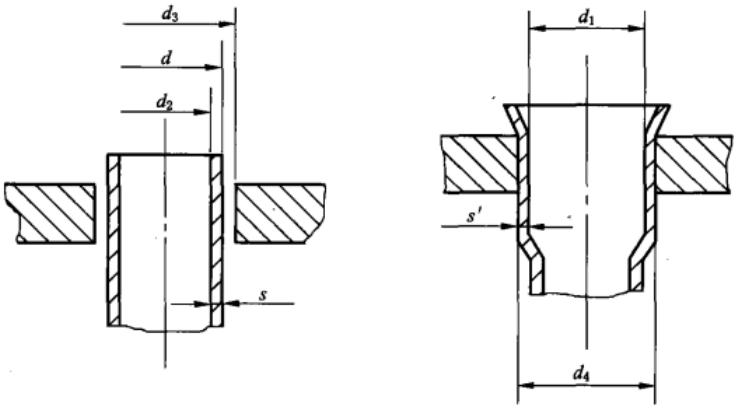


图 12-2　胀管示意图

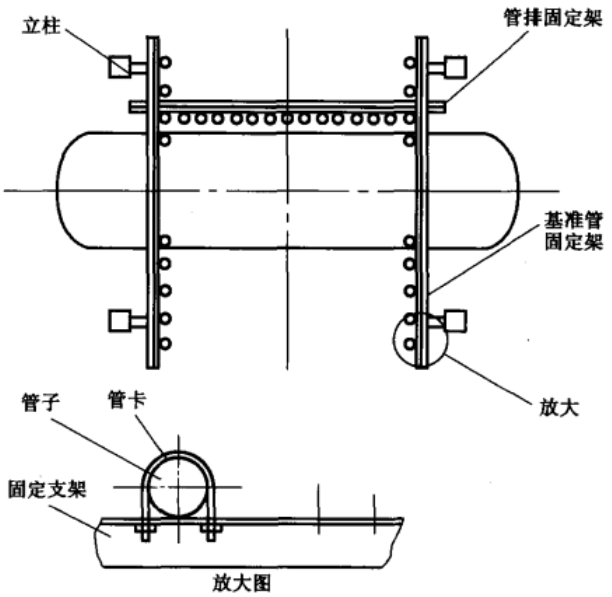


图 12-3　基准管(管排)固定示意图

③ 从两边向中间胀其他基准管。每根基准管挂管时必须靠在基准管固定架上。这些基准管以最好胀好的 4 根管子为基准，使相互间的距离、直线段的垂直度满足要求后，把各基准管固定在固定架上。然后，按反阶顺序将各基准胀好，如图 12-4 所示。

④ 胀管顺序最好采用反阶式，如图 12-4 所示。在反阶式胀管顺序中，每一根管子胀接时，管孔在径向各方向上受力是基本对称的。这样可避免胀接过程中胀珠向反作用小的方向上过分扩张，造成该方向上塑性变形区增大而使管端受力不均。

⑤ 每排管子间的间距可由管排固定架来确定(如图 12-3 所示)，也可用梳形板来确定。用管排固定架的方法如下：首先按每排管子的设计间距钻好管卡的连接孔，然后把此固定架用管卡固定在相应的基准管上。挂管时只需将管子靠住固定架，调整好管子在上、下锅筒内的伸入长度，用管卡将其固定在相应的位置上。

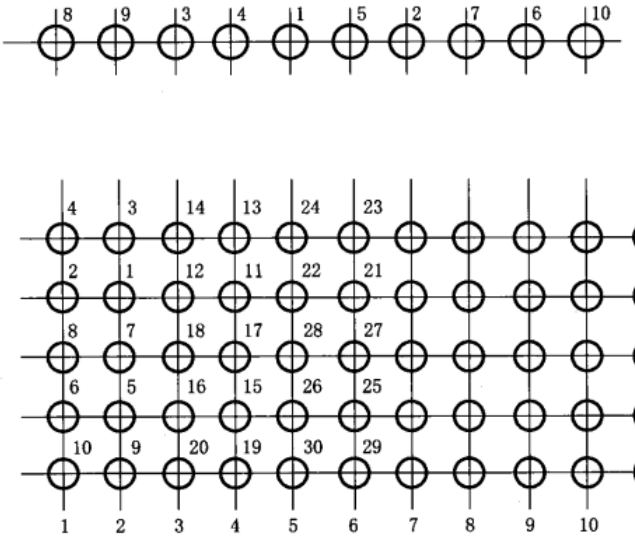


图 12-4　反阶式胀管顺序示意图

(3) 胀管的质量要求

a) 管端伸入管孔的长度，应符合表 12-10 的规定

表 12-10　管端伸入管孔的长度　　mm

管子公称外径		32～63.5	70～102
伸出长度	正常	9	10
	最大	11	12
	最小	7	8

b) 当采用内径控制法时，胀管率应控制在 1.3%～2.1%范围内；当采用外径控制时，胀管率应控制在 1.0%～1.8%的范围内。

c) 胀管后，管端不得有起皮、裂纹切口和偏斜等缺陷。如果有个别管端产生裂纹，可用钢锯割掉或用角向磨光机将裂纹部位磨去。处理后的管端伸入长度不得小于 5 mm。

d) 管口翻边角度宜为翻边起点与锅筒内壁表面平齐。

e) 胀管器滚柱数量不宜少于 4 只，胀管应用专用工具测量。

(4) 管子的补胀

水压试验时滴水的胀口补胀次数不宜多于 2 次。无论是采用内径控制法还是采用外径控制法，在补胀前均需复测内径，确定补胀值应控制在 0.1 mm 内。其补胀率按下式计算：

$$\Delta H=(d_1'-d_1)/d_3\times 100\%$$

式中　ΔH——补胀率；

d_1'——补胀后管子内径；

d_1——补胀前管子实测内径；

d_3——补胀时管子实测内径。

补胀后，胀口的累计胀管率为补胀的胀管与补胀率之和。当采用内径控制法时，累计胀管率宜控制在1.3%～2.1%范围内；当采用外径控制法时，累计胀管率宜控制在1.0%～1.8%范围内。胀管率超出控制范围时，超胀后的最大胀管率，对于内径控制法，不得超过2.6%；对于外径控制法，不得超过2.5%。同一锅筒上超胀管口不得多于胀口总数的4%，且不得超过15个。

2. 受热面的焊接

(1) 焊接工艺

焊接工艺的内容：

焊接件的材质和规格；

焊接方法；

接头形式、坡口形式、焊口间隙及焊接位置；

焊接设备、焊接电流和电压；

焊条、焊丝的牌号和直径，钨极的类型、牌号和直径，保护气体的名称和成分；

每层焊缝的焊接方法，焊条、焊丝的牌号和直径，焊接电流的种类、极性和数值范围，施焊技术；

焊条的选择及烘干、保温要求；

确定各条焊缝焊接的先后顺序。

(2) 环境及场地要求

受热面管子因其管径和壁厚的不同，采用的焊接方法也有不同，其焊接工艺一般有手工电弧焊、氩弧焊和气焊。

管径小于50 mm，壁厚小于3.5 mm的薄壁管采用全手工钨极氩弧焊或手工氧-乙炔焊；大于60 mm管子采用手工电弧焊或氩弧焊打底、电弧焊盖面的“氩-电联焊”工艺。

(3) 焊缝的质量要求

焊缝的外形尺寸应符合下列要求：

焊缝高度不低于母材表面，焊缝与母材应平滑过渡。

焊缝及其热影响区表面无裂纹、夹渣、未熔合、弧坑和气孔。

焊缝咬边深度不应大于0.5 mm，两侧咬边总长度不大于管子周长的20%，且不大于40 mm。

(七) 过热器的安装

过热器的安装的主要步骤：

过热器集箱支座安装；过热器集箱安装；蛇形管支架及梳形板安装；蛇形板与集箱管口焊接；焊口无损检测。过热器组合安装的允许偏差，见表12-11。

表12-11　过热器组合安装的允许偏差

检查项目	允许偏差/mm	检查项目	允许偏差/mm
蛇形管自由端	±10	管排平整度	≤20
排管间距	±5	边缘管与炉子墙间隙	符合图纸

（八）省煤器的安装

省煤器接其材质的不同，可分为铸铁片管式和蛇形钢管式 2 种。

1. 铸铁省煤器的安装

省煤器支承架的安装允许偏差应符合表 12-12 的规定。

表 12-12　支承架安装的允许偏差

项　　目	允许偏差/mm
支承架的水平方向位置	±3
支承架的标高	0 5
支承架的纵向和横向水平度	长度的 1/10 000

选择长度相近似的翼片管放在一起，上下左右两翼片之间的误差在 1 mm 以内，相邻两翼片应按图纸要求对准。由下往上安排安装翼片铸铁管和弯头。翼片管法兰四周的凹槽内须嵌入直径 10 mm 的石棉绳，以避免省煤器漏风。法兰面和法兰面的橡胶石棉板垫应涂上用机油调和的石墨粉，或用热机油浸湿的红纸垫并涂上石墨粉，作为省煤器结合面的密封材料。

省煤器安装完毕后，在锅炉整体水压试验前，单独对省煤器进行正式水压试验，水压试验压力应符合“规范”要求。5 min 内压降不超过 0.05 MPa 为合格。

2. 钢管式省煤器的安装

（1）先按图纸要求安装省煤器集箱，并临时固定。在省煤器支撑梁靠炉内一端焊一根直立的槽钢，用于内侧省煤器蛇形管的定位和支撑。

（2）在平台上画出省煤器蛇形管与集箱的相互位置的轮廓线，对省煤器管进行放样。以校正蛇形管自由端弯曲中心的位置和短臂长度，从而保证长度一致。

（3）对每根省煤器蛇形管进行外观检查，如未发现蛇形管缺陷，可以直接进行安装，不必单独单根水压试验。蛇形管应做通球试验。

（4）在地面上按图纸要求焊接防磨板，防磨板接头处要留有足够的膨胀间隙。

（5）按省煤器焊接工艺指导书的要求进行施焊。每组省煤器焊完后，在省煤器支撑梁上按图纸上相邻蛇形管的距离画出等分线，然后将各蛇形管的支持架焊在相对应的线上。支持架的顶部用耐热钢筋全部连接起来，使各蛇形管间距离相等。

（九）锅炉水压试验

锅炉水压试验的目的是检查焊口和胀口质量。锅炉水压试验应符合表 12-13 的规定。

表 12-13　水压试验压力　　MPa

名　　称	锅筒工作压力 p	试验压力
锅炉本体及过热器	＜0.59	1.5 p
	0.59～1.18	p+0.29
	＞1.18	1.25 p
可分式省煤器	1.25 p+0.49	

1. 锅炉水压试验

试验前的检查与准备：水压试验时的环境温度应高于5℃，试验介质为软化水（无盐水）或洁净水，水温应高于周围露点温度（一般为20℃～70℃）。

（1）在汽包和省煤器到汽包的给水管上，各装一只经校验过的压力表，其精度等级不应低于2.5级。额定工作压力为2.5 MPa的锅炉，精度等级不应低于1.5级。其表盘量程应为试验压力的1.5～3倍，宜选用2倍。

（2）将管道上的阀门、法兰和安全等附件上的螺栓拧紧，安全阀关闭。

（3）所有的排污、放水阀门全部关闭。

（4）打开汽包上的放气阀和过热器上的安全阀，以便进水时排出锅炉内的空气。

2. 水压试验步骤

首先开放空阀（高处），开启进水阀，其余阀门关闭，缓慢向锅炉送水，待放空阀处有水流出时确认空气排净后，关闭放空阀和进水阀进行初步检查。当初步检查无漏水现象时，再用试压泵向锅炉内加压（整装锅炉最好用手摇试压泵），当压力到0.3 MPa～0.4 MPa时停止升压，检查一遍人孔、手孔、法兰等连接处有无泄漏；如无问题，再升压至工作压力，停泵检查，各部分无漏水和变形等异常现象时，然后关闭就地水位计，再升到实验压力。在实验压力下保持5 min，其间压力下降不超过0.5 MPa。然后降到额定工作压力进行检查。检查期间压力应保持不变。水压试验合格后，应及时将锅炉内的水全部放尽，放水速度不可太快。当压力为零时，应开启各空气阀和点火排汽阀。当立式过热器内的水不能放尽时，在冰冻期间应采取防冻措施。

3. 水压试验合格标准

（1）水压试验时受压元件金属壁和焊缝上，应无水珠和水雾。

（2）胀口不应滴水珠。

（3）水压试验没有发现残余变形。

当水压试验不合格时，应返修。返修后应重新做水压试验。水压试验合格后办理有关签证手续。并可进行锅炉本体的砌筑和保温工作。

（十）锅炉的烘、煮炉

1. 锅炉的烘炉

（1）烘炉方法

烘炉可根据现场条件，采用火焰和蒸汽方法进行。

a）蒸汽烘炉：就是采用蒸汽通入被烘锅炉的水冷管中，以此来加热炉墙，达到烘炉的目的。具体的作法是：向锅炉水冷壁等受热面送入软化水，并保持最低水位，由蒸汽引来0.3 MPa～0.4 MPa的饱和蒸汽将炉水加热。然后由水冷壁下联箱通入蒸汽使炉水升温到90℃左右。控制过热器两侧空气温度，直到炉墙湿度达到合格为止。

b）火焰烘炉：是用木柴，重油或柴油、煤块等燃料燃烧产生的热量来进行烘炉，在链条炉排上或煤粉炉的冷灰斗上架设临时的箅子，初期先烧火柴，然后引燃煤块，开始时，小火烘烤，自然通风。炉膛负压保持在20 Pa～30 Pa，渐渐加强燃烧，提高炉膛负压，以烘干锅炉后部炉墙，必要时，可启动引风机。

（2）烘炉时间及标准

烘炉时间应根据锅炉的类型，砌体温度和自然通风的干燥程度确定。当采用蒸汽烘炉时间，对于轻型炉墙为4～6天，对于重型炉墙为14～16天。当采用火焰烘炉时，可参照表12-14进行。对整体安装的锅炉，烘炉时间宜为2～4天，对于特别潮湿的炉墙，应适当减慢升温速度，延长烘炉时间。

表12-14　火焰烘炉时间与温度控制

炉墙形式	烘炉时间/天	过热器后(或相当位置)烟气温度/℃		
		第一天温升	以后每天温升	最后温升
重型炉墙	7～14	≤50	≤20	≤220
砖砌轻型炉墙	3～7	≤80		≤160
耐火浇注料炉墙			≤10	≤160

烘炉合格的标准通常有2种方法确定：

炉墙灰浆试样法：在燃烧室两侧墙中部，炉排上方1.5 m～2 m处。或燃烧器上方1 m～1.5 m处和过热器两侧的中部取红砖的丁字交叉缝处，取灰浆样品各50%测定，其含水率均应小于2.5%。

测温法：在燃烧室两侧墙中部，炉排上方1.5 m～2 m处，或燃烧器上方1 m～1.5 m处测定红砖墙表面向内100 m处的温度应达到50℃，并继续维持48 h，或测定过热器两侧墙黏土砖与绝热层接合处温度应达到100℃，并继续维持48 h。

2. 锅炉的煮炉

(1) 煮炉前的准备工作

煮炉的目的是除去锅炉内的油垢和铁锈等。煮炉可在烘炉的末期进行，当炉墙红砖灰将含水率降到10%时，或用测温法测得燃烧室与过热器的侧墙的温度分别为50℃或100℃时，即可进行煮炉。煮炉时应检查锅炉汽包及联箱的锈垢情况，并确定煮炉时的加药量。准备好煮炉用药品，做好药品的纯度分析，准备好加药的工具及防止药品伤人的安全措施和防护用品。煮炉时只使用一台水位计，其余水位计关闭，以避免汽水管路同碱水接触；编制好有关规章制度与煮炉程序，绘制好系统图。

(2) 煮炉

在煮炉前应先按表12-15的规定计算出煮炉所需要的药量，然后用水调成为20%(不得将固定药品直接加入炉内)，并搅拌均匀。加药时，所用药品应一次加完，但对拆迁的锅炉存有水垢时，可将所用的磷酸三钠先加入50%，在煮炉过程第一次排污后，再加入其余的50%。加药时，炉水应在最低水位。

表12-15　煮炉时的加药配方

药品名称	加药量/(kg/m³)	
	铁锈较薄	铁锈较厚
氢氧化钠	2～3	3～4
磷酸三钠	2～3	2～3

煮炉时间宜为2～3天。煮炉的最后24 h宜使压力保持在额定工作压力的75%。当在较低的压力下煮炉时，应适当地延长煮炉时间。在煮炉期间，应定期从锅筒和水冷壁下集箱取水样，进行水质分析，当炉水碱度低于45 mol/L时，应补充药品。

(3) 煮炉合格标准

煮炉合格标准为汽包和联箱内部应无锈蚀痕迹、油污和附着焊渣；汽包和联箱内壁用棉布轻擦能露出金属本色。

煮炉结束后应交替进行持续上水和排污，直到水质达到运行标准。然后应进行停炉排水，冲洗锅炉内部和曾与药液接触过的阀门，并应清除锅筒、集箱内的沉积物，检查排污阀无堵塞现象。

(十一) 锅炉严密性试验和试运行

1. 锅炉严密性试验

(1) 锅炉升压到0.3 MPa～0.4 MPa，并对锅炉范围内的法兰、人孔、手孔和其他连接螺栓进行一次热态状态下的紧固。

(2) 继续升压至额定工作压力，应检查各人孔、手孔、阀门、法兰和垫料等处的严密性，同时观察锅筒、集箱、管路和支架等的热膨胀情况。有过热器的蒸汽锅炉，应采用蒸汽吹洗过热器。吹扫时，锅炉压力宜保持在额定工作压力的75%，同时应保持适当的流量，吹洗时间不应小于15 min。

2. 锅炉试运行

锅炉严密性试验合格后，进入锅炉试运行。

(1) 锅炉上水

炉内炉外及水汽系统检查完毕，无缺陷后即可上水。不同类型的锅炉对给水温度的要求也不同，工业锅炉的进水温度不应超过70℃，冬天，当锅炉的金属很冷时，进水温度应低一些，宜在50℃左右。

锅炉进水时，为使锅炉热膨胀均匀，上水时速度应缓慢，上水的持续时间，一般夏天为2h，冬天为3h。对新装锅炉或有缺陷的锅炉，还应酌情延长时间。如上水过急，会因受热不均产生温度应力，引起胀口泄漏。

当上水到最低水位时，关闭给水阀，观察水位计水位有无变动。如水位下降，说明有漏水之处(放水阀或排污阀)，应设法消除。如水位升高，则说明给水阀漏水，应设法清除。上水后检查膨胀指示器并作记录，比较上水前后的膨胀情况。

(2) 锅炉点火

对于带有沸腾式省煤器的锅炉，须将省煤器再循环管上的阀门开启，以防点火后省煤器过热。

对于非沸腾式省煤器的锅炉，应将旁路烟道的挡板打开，并关闭运行烟道挡板，使烟气不经过省煤器，以防过热烧坏。

点火前要开启烟道闸门和炉门，使炉膛和烟道自然通风一段时间后，然后点火。有机械通风设备的锅炉，要启动引风机通风5 min～10 min，然后点火。

点火方式根据锅炉型式、燃烧类别和燃烧方式不同而异。

(3) 升压

锅炉升压应使燃烧和受热面均匀受热，其升压过程如下：

压力升到 0.1 MPa～0.2 MPa 时，应对水位计进行冲洗。

压力升到 0.2 MPa～0.3 MPa 时，准备投运热工仪表。

压力升到 0.3 MPa～0.4 MPa 时，进行全面排污一次。

压力升到 0.4 MPa～0.5 MPa 时，进行全面热紧工作。

压力升到 0.5 MPa～0.6 MPa 时，开始暖管。暖管时，先打开主汽门的旁路门，并开启管道疏水阀，注意管道支吊架受力情况。

当压力升到 2/3 工作压力时，对锅炉进行全面检查。

当压力升高到一定数值后，应按表 12-16 的规定，对安全阀进行调整。

表 12-16　蒸汽锅炉安全阀的始启压力　　MPa

额定蒸汽压力	安全阀的始启压力
<1.27	工作压力+0.02
	工作压力+0.04
1.27～2.5	1.04 工作压力
	1.06 工作压力

(4) 带负荷试运行

安全阀整定合格后，锅炉可以带额定负荷试运行。锅炉试运行带负荷连续试运行时间为 48 h，整体出厂的锅炉宜为 4 h～24 h，以运行正常为合格。

锅炉运行中应按运行规程对锅炉进行监视和调节。

六、锅炉检验

为确保在用的锅炉、压力容器的可靠性和完好性，应根据法规和标准的要求，定期对锅炉进行检验。

1. 锅炉检验

锅炉的定期检验包括：外部检验、内部检验和水压试验。定期检验由锅炉压力容器安全监察机构审查批准的检验单位进行。

(1) 外部检验。外部检验是指锅炉运行状态下对锅炉安全状况进行的检验。锅炉的外部检验一般为一年。除正常外部检验外，当有下列情况之一时，也应进行外部检验：

a) 移装锅炉开始投运时；

b) 锅炉停止运行一年以上恢复运行时；

c) 锅炉的燃烧方式和安全自控系统有改动后。

(2) 内部检验。内部检验是指锅炉在停炉状态下对锅炉安全状况进行的检验。内部检验一般每 2 年进行 1 次检验。除正常内部检验外，当有下列情况之一时，也应进行内部检验：

a) 安装的锅炉在运行 1 年后；

b) 锅炉停止运行 1 年以上恢复运行；

c) 移装锅炉投运前；

d）受压元件经重大修理或改造后及重新运行1年后；

e）根据上次内部检验结果和锅炉运行情况，对设备的安全可靠性能怀疑时；

f）根据外部检验结果和锅炉运行情况，对设备的安全可行性有怀疑时。

（3）水压试验。水压试验是指锅炉以水为介质，以规定的试验压力对锅炉受压力部件强度和严密性进行的检验。水压试验一般每6年进行1次，对无法进行内部检验的锅炉，应每3年进行1次水压力试验。水压试验不合格的锅炉不得投入使用。

2. 锅炉检验的注意事项

（1）锅炉检验前，使用单位应提前进行停炉、冷却、放出锅炉水；

（2）检验时采取与锅炉相连的供汽（水）管道、排污管道、给水管道及烟、风道用金属盲板等可靠的隔绝措施，金属盲板应有足够的强度并应逐一编号、挂牌；

（3）进入锅筒、容器内检验前，应注意通风；检验时，锅筒、容器外应有人监护；

（4）检验所用照明电源的电压一般不超过12 V，如在比较干燥的烟道内并有妥善的安全措施，则可采用不高于36 V的照明电压；

（5）燃料的供给和点火装置应上锁；

（6）禁止带压拆除连接部件；

（7）禁止自行以气压试验代替水压试验。

七、锅炉的安全运行

1. 检查准备

对新装、移装和检修后的锅炉，启动前应进行全面检查。为不遗漏检查项目，其检查应按照锅炉运行规程的规定逐项进行。

2. 上水

上水水温最高不应超过90℃，水温与筒壁温度之差不超过50℃。对水管锅炉，全部上水时间在夏季不小于1小时，在冬季不小于2小时。冷炉上水至最低安全水位时应停止上水。

3. 烘炉

新装、移装、改造或大修后的锅炉，以及长期停用的锅炉，在重新运行前应进行烘炉以去除水分。严格执行烘炉操作规程，注意升温速度不宜过快，烘炉过程中经常检查炉墙有无开裂、塌落，严格控制烘炉温度。

4. 煮炉

新装、移装、改造和大修后的锅炉，正式投运前应进行煮炉。煮炉的目的是清除制造、安装、修理和运行过程中产生和带入锅内的铁锈、油脂、污垢和水垢，防止蒸汽品质恶化以及避免受热面因结垢而影响传热。

煮炉一般在烘炉后期进行。煮炉过程中应同时检查锅炉各结合面有否渗漏、受热面能否自由膨胀。煮炉结束后应对锅筒、集箱和所有炉管进行全面检查，确认铁锈、油污是否去除，水垢是否脱落。

5. 点火与升压

一般锅炉上水后即可点火升压。点火方法因燃烧方式和燃烧设备而异。点火前，开

动引风机给锅炉通风 5 min～10 min，没有风机的可自然通风 5 min～10 min，以清除炉膛及烟道中的可燃物质。气、油炉、煤粉炉点燃时，应先送风，之后投入点燃火炬，最后送入燃料。一次点火未成功需重新点燃火炬时，一定要在点火前给炉膛烟道重新通风，待充分清除可燃物之后再进行点火操作。

对于自然循环锅炉来说，起升压过程与日常的压力锅炉升压相似，即锅炉内压力是由烧火加热产生的，升压过程与受热过程紧紧地联系在一起。

6. 暖管与并汽

(1) 暖管

用蒸汽慢慢加热管道、阀门、法兰等部件，使其温度缓慢上升，避免向冷态或较低温度的管道突然供入蒸汽，以防止热应力过大而损坏管道、阀门等部件。同时将管道中的冷凝水驱出，防止在供汽时发生水击。

(2) 并汽

并汽也叫并炉、并列，即新投入运行锅炉向共用的蒸汽母管供汽。并汽前应减弱燃烧，打开蒸汽管道上的所有疏水阀，充分疏水以防水击；冲洗水位表，将水位维持在正常水位线以下；使锅炉的蒸汽压力稍低于蒸汽母管内汽压，缓慢打开主汽阀及隔绝阀，使新启动锅炉与蒸汽母管连通。

7. 运行管理

(1) 锅炉正常运行时，应根据实际情况随时调节水位、汽压、炉膛负压以及进行除灰和排污工作；

(2) 加强水处理管理，按规定的时间间隔对水质进行监控；

(3) 加强锅炉运行中的巡回检查，监视液位、压力波动，按规定频次吹灰和水位计冲洗；

(4) 作好运行记录，当出现故障时，还应将故障情况及处理措施予以记录。

8. 停炉的维护与保养

(1) 正常停炉

正常停炉指锅炉的有计划检修停炉。停炉时，要防止锅炉急剧冷却，当锅炉压力降至大气压时，开启放空阀或提升安全阀，以免锅筒内造成负压。停炉后应在蒸汽、给水、排污等管路中装置挡板，保证与其他运行中的锅炉可靠隔离。锅炉放水后，应及时清除受热面侧的污垢，清除各受热面烟气侧上的积灰和烟垢。根据停炉时间的长短确定保养方法。

(2) 紧急停炉

紧急停炉，是当锅炉发生事故时，为了防止事故的进一步扩大而采取的应急措施。紧急停炉时，应按顺序操作，停止燃料供应，减少引风，但不允许向炉膛内浇水；将锅炉与蒸汽母管隔断，开启放空阀；当汽压很高时，可手动提起安全阀放汽或开启过热器疏水阀，使汽压降低。

因缺水事故而紧急停炉时，严禁向锅炉给水，并不得开启放空阀或提升安全阀排汽，以防止锅炉受到突然的温度或压力的变化而扩大事故。如无缺水现象，可采取进水和排污交替的降压措施。

因满水事故而紧急停炉时，应立即停止给水，减弱燃烧，并开启排污阀放水，同时开启

主汽管、分汽缸上的疏水阀。

停炉后，开启省煤器旁路烟道挡板，关闭主烟道挡板，打开灰门和炉门，促使空气对流，加快炉膛冷却。

八、锅炉的安全规定

对锅炉房的安全要求及有关规章制度

大中型电力建设项目的施工周期一般都很长，除了主体工程上的锅炉外，临时设施中供施工人员日常生活用的锅炉的安全也应重视起来。下面就临时设施中锅炉及锅炉房的安全叙述如下。

(1) 对锅炉房的安全要求

a) 固定锅炉应装在单独建造的锅炉房内。锅炉房不应直接与聚集人多的房间相邻，不宜设在高层或多层建筑的地下室、楼中间或顶层。锅炉房与其他建筑物的间距及屋架下弦距锅炉顶部的高度，应符合建筑防火规定。锅炉房应为一、二级耐火等级的建筑，但在蒸发量不超过 4 t/h，供热量不超过 2.8 MW 时，以煤为燃料的锅炉房，允许采用三级耐火等级建筑。

b) 锅炉房内的设备布置应便于操作、通行和检修，并应有足够的采光、通风及必要的降温和防冻措施。

c) 锅炉房地面应平整，无积水。房内承重梁、柱等构件与锅炉有一定的距离或采取其他措施，防止受高温损坏。

d) 锅炉房每层应至少 2 个出口，分别设在两侧。锅炉前端的总宽度不超过 12 m、面积不超过 200 m^2 的单层锅炉房，可以只开一个出口。通向室外的门应向外开，在锅炉运行期间不准锁门或闩住，以保证其出入通畅。锅炉房内的工作室或生活室的门应向锅炉房内开。锅炉与墙壁之间至少留有 70 cm 的间距。

e) 锅炉房应采用轻型屋顶，每平方米一般不宜超过 120 kg，否则应开设天窗或高窗。开窗面积至少应为占地面积的 10%。保证锅炉在发生事故时泄压或蒸汽能自由的冒出。

f) 锅炉房内操作地点以及水位计、压力表、温度计、流量计等处，应有足够的照明，并应有备用照明设备和工具，以便正常照明电源发生故障时，能继续维持运行。

g) 锅炉房内必须备有防火砂箱(袋)或化学灭火剂。

h) 锅炉房及烟囱设计时应考虑防震，烟囱应装置避雷针。

(2) 施工现场临时锅炉房的安全要求

a) 施工现场临时锅炉房设置的位置应考虑周围临建的环境，不宜和木工棚、易燃易爆材料仓库、变压室等相邻。同时，还应考虑使用方便。临时锅炉房的面积大小应根据锅炉房设置的台数并满足公安部门的有关规定。

b) 临时锅炉房应防火，便于操作，有足够的照明，临时用电设施应符合电气规程规定。墙体不准用竹、荆芭，应用砖或砌块砌筑或瓦楞铁及石棉板，屋顶不准用简易油毡屋顶，应用瓦楞铁或石棉板做屋顶。屋顶距锅炉最高点要保证有一定的安全距离。

c) 锅炉房大门、窗均应向外开。锅炉房地面应平整、不积水。锅炉前端至少留有 2 m～3 m，后端至少留有 60 cm～70 cm，便于操作和维修。

d）锅炉排污、泄水应通向排污池（箱）。

e）锅炉上的安全附件及附属设备应齐全、灵敏、可靠，按正规施工进行安装。司炉工必须经过培训、持证上岗。锅炉房要有必要的规章制度，例如：岗位责任制、安全操作制、交接班制、巡回检查制等。

f）锅炉房应设有消防用具或设备。

（3）锅炉房的8项规章制度

a）岗位责任制。明确制定锅炉房管理人员、司炉班长、司炉工、水处理化验员、仪表工、维修工的各自职责。

b）交接班制度。明确交接班时间，交接内容，交接人员双方签字等。

c）巡回检查制度。

d）定期检查、检修制度。

e）安全操作规程。

f）维护保养、清洁卫生制度。

g）水质管理制度。

h）事故报告制度。

锅炉房内除8项规章制度外，还应有：锅炉安全运行记录；交接班记录；水质处理设备及水质化验记录；锅炉和附属设备的检修保养记录；主管领导的检查记录等。

九、锅炉常见事故

锅炉是一种特殊设备，经常处于高温、高压下运行，如果管理不善，或使用不当就会发生各类事故，甚至发生破坏力很大的爆炸事故，后果十分惨重。但是只要认识和掌握它的规律，严格执行操作规程，加强对锅炉的管理，事故是能够防止的。

1. 事故分类

（1）爆炸事故。指锅炉在使用中和试压时，发生破裂，使压力瞬间降至大气压力的事故。

（2）重大事故。指锅炉由于受压部件严重损坏，或附件损坏等，被迫停止运行，必须进行修理的事故。

（3）一般事故。指锅炉损坏程度不严重，不需要立即停止运行进行修理的事故。

2. 事故产生的主要原因

锅炉设备事故大部分是属于责任事故，偶尔也有坏人破坏事故，对于后者应提高警惕，加强保卫工作；责任事故的原因很多，有的属于锅炉设备的先天质量问题，有的是属于锅炉在使用中的管理和操作问题。主要有以下3个方面：

（1）设计、制造与安装方面。结构不合理，材质不符合要求，焊接质量低劣，改造、维修施工方法不符合规程，受压元件强度不够，以及其他由于设计制造不良造成的事故。

（2）管理和运行方面。管理不严，制度不健全，劳动纪律松弛，违章操作，不严格监视各种安全仪表，不按规定进行定期检验，不及时进行维护检验；无水质处理设施和水质处理不好；其他由于运行管理不善造成的事故。

（3）缺少安全附件或不齐全或安全附件失灵。

3. 对事故处理的要求

(1) 一旦发生锅炉事故，操作人员一定要保持镇静，不要惊慌失措。判断事故原因和处理事故时要“稳、准、快”。重大事故要保持现场，并及时报告有关领导。

(2) 事故原因一时查不清，应迅速报告上级，不得盲目处理。在事故未妥善处理之前，操作人员不得擅离岗位。

(3) 事故后，应将发生事故的前后时间、部位、经过及处理方法等详细记录，并根据具体情况进行分析，找出主要原因，从中吸取教训，防止类似事故再次发生。

4. 锅炉的常见事故

(1) 缺水事故

当锅炉水位低于水位表最低安全水位线时即造成缺水事故。缺水事故的现象是水位表常常看不到水位，表内发白发亮。低水位警报器发出警报；过热蒸汽温度升高，给水流量小于蒸汽流量。

锅炉缺水常常造成严重的后果，会使锅炉蒸发器受热面管子受热变形，甚至烧塌，胀口渗漏以致胀管脱落；受热面炉壁钢材过热或过烧，降低以致丧失承载能力；管子爆破炉墙损坏；处理不当甚至会导致锅炉爆炸。

常见的缺水原因是：

——运行人员监视失误；

——水位表故障，形成假水位；

——给水设备或管道故障，无法给水或给水不足；

——排污后忘记关排污阀；

——水冷壁、对流管束或省煤器管子破裂漏水。

处理方法：在发现锅炉缺水时，首先应判断是轻微缺水还是严重缺水，然后施以不同的处理方法。

通常把判断缺水程度的方法叫做“叫水”。“叫水”的方法是打开水表的放水旋塞冲洗汽连管和水连管；关闭水位表的汽连管旋塞，关闭放水旋塞。如果此时水位表中有水位出现，则表明是轻微缺水，可以立即向锅炉上水，使水位恢复正常。如果通过“叫水”仍不见水位表有水位出现，则说明已属于严重缺水，应立即停炉检查，此时严禁给锅炉上水，否则会造成锅炉爆炸。

“叫水”方法只适用于相对容水量较大的小型锅炉，而容水量较小的锅炉是靠连续可靠的供水。一旦停水，很短时间内即可被蒸干，这种锅炉是来不及“叫水”的，如果发现缺水即应立即紧急停炉。

(2) 满水事故

满水事故是锅炉水位超过最高许可时造成的事故。锅炉满水时，水位表内也往往看不到水位，但表内发暗。此时高水位警报器动作，过热蒸汽温度降低，给水量不正常的大于蒸汽流量。严重时锅水进入蒸汽管道及过热器内，造成水击(水在管道内流动时因速度突变导致压力突变，管道发生猛烈振动和巨响)和过热器结垢。

满水的主要危害是降低蒸汽质量，损害甚至破坏蒸汽过热器。水击现象严重时也能把炉管振裂。

处理方法：发现锅炉满水，应冲洗水位表，检查水位表是否有故障，确认满水后，立即关闭给水阀门，停止向锅炉给水，启用省煤器再循环管路，减弱燃烧，开启排污阀、过热器及蒸汽管道上的疏水器，直至水位正常后，关闭排污阀，查清并消除事故原因，调整给水，恢复正常运行。

(3) 汽水共腾

汽水共腾的表现是水位计内水面发生剧烈的上、下波动，锅炉水起泡沫，蒸汽中大量带水，严重时蒸汽管道内发生水击。

造成汽水共腾的原因：

——锅炉给水质量太差，排污不当，造成锅水中悬浮物或含盐量过多，碱度过高，锅水黏度过大，使气泡上升阻力增大；

——负荷增加和压力降低过快，此时会使水面汽化加剧，造成水面波动并使蒸汽带水。

处理方法：发现汽水共腾时，应减弱燃烧，降低负荷，关小主汽阀，打开蒸汽管道及过热器，全开连续排污阀，并打开定期排污阀，改善给水质量直至恢复正常。

(4) 炉管爆破

炉管爆破是指锅炉蒸发受热面管子、水冷壁管、对流管子及烟道管的爆破。炉管爆破有显著的爆破声或喷汽声，随之水位迅速降低，蒸汽及给水压力下降，炉膛内负压减少，燃烧不稳定，给水量明显大于蒸汽流量。炉管爆破时一般无法维持汽压、水位，必须紧急停炉。

导致炉管爆破的原因主要有水质不良，管子结垢，阻力增大，水循环不良，传热效果差，导致局部管子超温。另外，还可能是由于管道腐蚀、冲刷使管壁减薄，以及管材或焊接缺陷等原因。

(5) 炉膛爆炸

可燃气体、油雾或粉尘与空气混合后，浓度达到爆炸极限，遇有明火即会爆炸，发生在炉膛及烟道中的，称为炉膛爆炸。一般发生在点火时，点火未成功，或炉膛内燃烧不好，可燃气体不完全燃烧，在高温下产生自燃造成的。

炉膛爆炸导致炉墙、构架损坏，造成停炉及人员伤亡。

防止炉膛爆炸的措施是，点火前，先用引风机通风，以清除炉膛内及烟道中的可燃气体；点火时，应先点火后送燃料气，然后再停送风机。

(6) 锅炉爆炸

锅炉爆炸是指锅炉超过设计压力后，发生锅炉汽包破坏。这种事故由于水汽介质瞬间膨胀，释放大量能量，导致设备、厂房及人身伤亡，是最为严重锅炉事故。

锅炉爆炸也可能是由于锅炉汽包这一压力容器，因设计、制造、材料缺陷、腐蚀及安全、附件失灵等种种原因造成的。

爆炸，从广义上来说，是指一种极其迅速的物理的或化学的能量释放过程，在这一过程中，系统的内在势能转变为机械能及光和热的辐射等。汽包破裂时，容器内高压气体解除了外壳的约束，迅即进行膨胀并以很高的速度释放出内在能量。这就是通常所说的物理爆炸现象。

汽包破裂引起的气体爆炸，虽然不象一般炸药那样能形成 3 000℃～5 000℃的高温和数十万大气压力的高压，但是，如果汽包的工作压力较高、容积较大，则爆炸能量也是不小的，而且产生的危害也是多方面的。

汽包破裂时，气体膨胀所释放的能量，一方面使容器进一步开裂，并使汽包或其所裂成的碎片以较高的速度向四周飞散，造成人身伤亡或撞坏周围的设备等。另一方面，它的更大一部分产生冲击波，冲击波除了直接伤人外，还可以摧毁厂房等建筑物，产生更大的破坏作用。

十、锅炉安装施工的安全生产技术

（一）锅炉安装的安全生产技术

1. 锅炉安装现场使用的油料应存放在密闭的金属容器内，并由专人负责保管。

2. 不得任意在锅炉的平台、梁、柱上打凿、开洞。

3. 使用三脚扒杆时，扒杆脚必须稳固，并有可靠的防滑措施。

4. 在转动、调整、就位、拆除锅炉的部件或在管子对口时，施工人员严禁将手伸入结合面和螺丝孔内。

5. 在清理带有尖锐边缘的部件时，应戴帆布手套。

6. 锅炉钢架、水冷壁、汽包等大件的吊装应符合设备吊装安全生产技术的相关要求。

7. 锅炉钢架、水冷壁、汽包等大件的临时加固方法和临时就位的固定方法等均应有设计并经批准。临时加固件使用后应及时拆除。

8. 严禁在已安装好的管道及联箱内存放工具和材料。朝上的口均应加盖或加塞。

9. 在燃烧室、烟道、风道及金属容器内，应有两人以上在一起作业，外面应有专人监护。作业完毕后，施工负责人应清点人数，检查确实无人和工器具、材料留在内部且无火灾隐患后方可封闭。

10. 在锅炉上点焊的构件、管道等严禁做为吊点进行起吊重物。

11. 就位后的构件、管道应及时连接牢固。

12. 锅炉构架为钢筋混凝土结构时，应预先设计并设置安装高处作业区和通道设施的预埋件。

13. 大型锅炉安装必须使用施工电梯。施工电梯出口处必须设置安全通道。

14. 平台、栏杆、梯子应随锅炉组合件或构架的吊装及时安装，并应将一侧的平台、栏杆、梯子尽早接通，并焊接牢固。

15. 安装叠置式或挂式锅炉时，严禁在设备未连接或未固定好的情况下，继续安装设备。

16. 锅炉安装期间，应从炉顶到零米装设一条输送废料和垃圾的垂直通道。每一层平台的垃圾输送口应设盖板，通道下口处应设围栏。各层输送口的盖板应加锁。

17. 利用燃烧室的刚性梁作工作平台时，内侧应铺脚手板，外侧应搭设上杆离走行平台高 1.20 m、下杆离走行平台高 0.5 m～0.6 m 的双层防护栏杆及 0.18 m 高的挡脚板。

18. 燃烧室应尽量避免交叉作业。如需进行交叉作业，必须搭设严密、牢固的隔离

层，并铺以防火材料。严禁用安全网代替隔离层。

19. 煮炉、试运行后，在进入燃烧室、烟道或风道前，必须将本炉的给粉机、排粉机、回转式空气预热器、电除尘器等的电源切断，并挂“严禁启动”的警告牌。与运行锅炉相连的烟道、风道，以及燃油系统、燃气系统、吹灰系统等均必须可靠地隔断。

20. 水压试验、酸洗、煮炉、试运行后，在进行承压部件的检修或打开汽包人孔门前，必须先将蒸汽、给水、排污、疏水、加药等母管与运行锅炉间的连通阀门关严、上锁，并用堵板堵上。汽包、主蒸汽管道、主给水管道上的空气门必须打开，炉水和汽水管道内的积水放净，压力表指示为零，电动阀门的电源必须切断，并经施工负责人检查认可后方可作业。

21. 进入锅筒作业应待锅筒壁温降至50℃以下方可打开人孔门。

22. 打开进入锅筒的人孔门时，应有人在旁边监护，当螺帽松到剩2扣～3扣时，应用木质棍棒撬松人孔门。撬松人孔门时，作业人员不得站在正面。待内部负压消失后，方可卸下螺帽打开人孔门。

23. 进入锅筒前，应用轴流风机通风，待汽包壁温降至40℃以下后方可进入。

24. 锅筒下部的管孔应盖好，作业人员离开汽包后，人孔门应网状封盖。

（二）锅炉筑炉与保温的安全生产技术

1. 筑炉与保温材料的包装箱、包装筐或草绳的拆除应在指定地点进行，并应有防火、防尘措施。

2. 装运筑炉与保温材料的吊笼应符合物料提升机械在安全生产技术方面的要求。

3. 在锅炉上砌砖时碎砖块、渣沫应及时清除，严禁向下倾倒。

4. 在对锅炉进行保温时，裸露在保温层外的铁丝头应及时弯倒。

5. 灰桶、耐火砖和保温材料应堆放在牢固稳妥的地方。

6. 喷涂保温时，给料机与喷枪之间应有可靠的信号联系，在清理堵塞的喷枪及管道时，喷枪、管道口的对面严禁站人。

7. 用人工提吊耐火砖和保温材料时，上方接料人员必须站在防护栏内侧并系好安全带。

（三）锅炉水压试验的安全生产技术

1. 试验用压力表、加压泵准备好。水压用临时管道及阀门必须耐压1.25倍的设计压力。

2. 锅炉给水泵出口到连接锅炉的给水管如果不进行设计压力的1.5倍的水压试验，或无法承受设计压力的1.25倍，在锅炉打水、冲洗后，要先关闭HP HEATER＃8的出口阀、旁路阀，再做水压。

3. 临时加压泵加压时，要为其配置质量分数为30×10^{-6}的联胺水溶液。

4. 水压试验中的阀门，在大修中要充分检查，以免试验时发生泄漏。

5. 要确认汽机侧MSV、RSV的承压能力及其严密性，防止MSV、RSV损坏或汽机缸体进水。

6. 为防止仪表装置承受超压力而损坏，水压试验前要关闭所有仪表装置的一次阀和二次阀。

7. 系统中无法承受水压试验的仪表装置，在关闭其阀门的同时，要打开其平衡阀，以防因阀门泄漏而使仪表损坏。

8. 水压试验应联系相关部门备好足量的除盐水和联胺。

（四）锅炉蒸汽吹管调试的安全技术措施

1. 冲管前要对所有的冲管系统进行检查，防止膨胀受阻，确认临时管路的支撑、吊杆满足要求，无影响膨胀之处，疏水管布置合理，否则在冲管前必须加以整改。

2. 防止发生水冲击：冲管前应隔离所有无关的阀门、管路，并对要冲的管路进行充分的暖管，加强疏水。

3. 锅炉点火后，应全关再热器侧烟气挡板，使绝大部分烟气流经低温过热器，这既可保护再热器又可缩短启动时间。吹管期间，高温再热器入口烟道烟温不得超过 540℃，再热器入口蒸汽温度不得超过 427℃，应避免超温。

4. 吹管期间进行制粉系统的启动，应严格认真执行有关操作规程，逐渐摸索和积累相关的数据，及时总结经验。

5. 在每次制粉系统试运后，制粉系统将有较长时间停运期，停磨之前必须将磨煤机内煤粉抽空，以免发生煤粉自燃。

6. 制粉系统运行中如发生受热面超温、燃烧不稳、积粉、煤粉自燃等现象应立即停止制粉系统运行，并采取相应的处理措施。

7. 应监视、调整炉内煤粉着火及燃烧工况，防止灭火打炮，灭火后应注意炉内通风清扫。

8. 由于吹管过程中较长时间燃油运行，尤其制粉和投粉时，容易导致空气预热器积油和积粉甚至着火，应尽可能地投入空预器连续吹灰，同时密切监视空预器出口烟温，发现异常升高应及时处理。

9. 为防止蒸汽漏入汽轮机，应将逆止门的阀芯压紧，门后疏水门处于常开位置；将汽缸壁温测点投入，以便监视；汽机盘车装置投入，以防万一。

10. 吹管的排汽口不能对准任何有可能危及设备或人身安全的地方，且排汽口设有专人监视。

11. 在运行过程中，当发生危及人身和设备安全的紧急情况时，运行人员应按照《运行规程》及《安全规程》处理，并于事后及时通知调试当班人员。

12. 在冲管期间有较大噪音，需在排汽口加装消音器，降低噪音；同时参加冲管人员配备耳塞防护。

13. 在高处作业（离地面 2 m 及以上）容易发生坠落，应检查确认脚手架符合要求，正确使用安全带。

14. 安全保卫人员、消防人员、医护人员及设备检修人员到现场值班，医护人员应根据吹管工作的特点备足急救药品。

（五）锅炉安全阀整定调试安全生产技术

1. 在用助跳器进行安全阀校验时，必须将系统压力降至 80％额定过热器压力（再热器压力）以下时方可进行。

2. 安全阀调校人员应认真学习安全规程，加强安全防护意识，穿防烫伤工作服、戴防烫面罩与手套，防止烫伤事故发生。

3. 在人员操作处，应事先选好退让路径，专人操作，专人监护，做好反事故预防措施。

4. 在不带负荷校验安全阀时，运行人员应加强各级再热器、过热器壁温监视，不得超温，控制下炉膛出口烟气温度不超过538℃，控制末级过热器出口处烟温不大于500℃。

5. 在不带负荷工况下校验再热安全门时，Ⅰ、Ⅱ级旁路协调控制，防止超温、超压以及水冲击，严格控制再热器冷端压力(即再热器冷端压力不大于2.4 MPa)，同时汽机还应加强各导汽管壁温、上下缸温差的监视，加强盘车电流监视，发现异常立即处理。

6. 加强汽包、除氧器水位监视，解除汽包水位高、低位保护。

7. 在油压助跳器校验安全门时，为防异常情况下过热、再热系统超压，过热、再热各排汽门应能正常工作即时泄压。

(六) 锅炉试运行安全生产技术

1. 在锅炉试运行期间，严禁直接跨越输煤皮带。

2. 输煤皮带运行中，严禁用手清除粘在皮带滚筒上的煤或在端部滚筒处用人力阻止皮带跑偏。

3. 在落煤管的通煤孔内捅煤时，工具应置于身体的侧面。

4. 严禁进入储有煤粉的煤粉仓内作业。进入放空的煤粉仓内作业时，应先进行检查和试验，确认仓内一氧化碳等有害气体含量在允许范围内后方可进入。

5. 在煤粉仓内作业的人员的安全带应挂在仓外牢固的结构上，仓外至少应有两人监护，并能看到仓内作业人员；用液态烃和乙炔点火时，储气瓶应放在防火、防爆的安全地带；安全阀、控制阀、表计应齐全完好；操作时应有防止回火与爆炸的措施。

6. 热紧螺丝必须由熟练的操纵人员用标准扳手进行，严禁接长扳手的手柄。操作人员站立的位置应能防止泄出的汽或水对人的伤害。

7. 处理阀门盘根泄漏时，紧螺丝应均匀缓慢地进行，检修人员应戴帆布手套。

8. 开启锅炉看火门、检查孔及灰渣门应在炉膛负压的情况下缓慢小心地进行，作业人员应站在门孔的侧面，并选好向两旁躲避火焰的退路。

9. 观察锅炉燃烧情况应戴防护眼镜或用有色玻璃遮住眼睛。在锅炉点火期间或燃烧不稳定时，不得站在看火门、检查孔的正面。

10. 安全门的调整必须由两名以上熟练操作人员在专业技术人员的指导下进行。

11. 调整重锤式安全门时，应有防止重锤脱落和烫伤操作人员的措施。

12. 吹管的排汽口不得对着设备或建筑物。

13. 排汽管支架和固定支架的结构应能承受吹管时的最大推力。

14. 在排汽涉及的范围和操作场所应设警戒区。

15. 吹管的排汽口必须装消音器，工作人员应佩戴耳塞。

16. 加氧冲管前，所有与氧气接触的零件必须脱氧，严禁沾染油污。

17. 加氧冲管时氧气管道的阀门应缓慢开、关。

第三节　压力容器

一、压力容器的分类

（一）按压力容器的设计压力分类

按压力容器的设计压力（p）分类：

1. 低压（代号 L）0.1 MPa≤p<1.6 MPa；
2. 中压（代号 M）1.6 MPa≤p<10 MPa；
3. 高压（代号 H）10 MPa≤p<100 MPa；
4. 超高压（代号 U）≥100 MPa。

（二）按压力容器在生产工艺过程中的作用原理分类

按压力容器在生产工艺过程中的作用原理可分为：

1. 反应压力容器（代号 R）：主要用于完成介质的物理、化学反应的压力容器，如反应器、反应釜、分解锅、硫化罐、分解塔、聚合釜、高压釜、超高压釜、合成塔、变换炉、蒸煮锅、蒸球、蒸压釜、煤气发生炉等；

2. 换热压力容器（代号 E）：主要用于完成介质的热交换的压力容器，如管壳式余热锅炉、热交换器、冷却器、冷凝器、蒸发器、加热器、消毒锅、染色器、烘缸、蒸炒锅、预热锅、溶剂预热器、蒸锅、煤气发生炉水夹套等；

3. 分离压力容器（代号 S）：主要用于完成介质的流体压力平衡缓冲和气体净化分离的压力容器，如分离器、过滤器、集油器、缓冲器、洗涤器、吸收塔、铜洗塔、干燥塔、分气缸、除氧器等；

4. 存储压力容器（代号 C，其中球罐代号 B）：主要用于存储、盛装气体、液体、液化气体等介质的压力容器，如各种形式的储罐。

（三）按制造方法分类

按制造方法的不同分为：焊接容器、锻造容器、铆接容器、铸造容器和组合式容器。

（四）按制造材料分类

按制造材料的不同分为：钢制容器、有色金属容器、非金属容器。

（五）按壁厚分类

按壁厚可分为：薄壁容器和厚壁容器 2 种（$K=D_w/D_n$≤1.1～1.2 者为薄壁容器，超过这个范围者为厚壁容器。D_w 为容器外径，D_n 为容器内径）。

（六）按壁温分类

按壁温可分为：高温容器（t≥450℃）、常温容器（－20℃<t<450℃）、低温容器（t≤－20℃）。

（七）按形状分类

按形状可分为：球形容器、圆筒形容器、圆锥形容器、矩形容器和组合形容器。

（八）按承压方式分类

按承压方式可分为：内压容器（壳体内部承压）和外压容器。

（九）按使用方式分类

按使用方式分为：固定式容器和移动式容器。移动式容器一般包括铁路罐车、汽车罐车、罐式集装箱和各类气瓶（钢制无缝气瓶、钢制焊接气瓶、溶解乙炔气瓶、液化石油气钢瓶等）。

（十）按安全监察要求分类

《压力容器安全技术监察规程》适用范围内压力容器可分为3类：

1. 三类压力容器

（1）高压容器；

（2）中压容器（仅限毒性程度为极度和高度危害介质）；

（3）中压储存容器（仅限易燃或毒性程度为中度危害介质，且 pV 乘积大于或等于 10 MPa·m^3）；

（4）中压反应容器（仅限易燃或毒性程度为中度危害介质，且 pV 乘积大于或等于 0.5 MPa·m^3）；

（5）低压容器（仅限毒性程度为极度和高度危害介质，且 pV 乘积大于或等于 0.2 MPa·m^3）；

（6）高压、中压管壳式余热锅炉；

（7）中压搪玻璃压力容器；

（8）使用强度级别较高（指相应标准中抗拉强度规定值下限大于或等于 540 MPa）的材料制造的压力容器；

（9）移动式压力容器，包括铁路罐车（介质为液化气体、低温液体）、罐式汽车[液化气体运输（半挂）车、低温液体运输（半挂）车、永久气体运输（半挂）车]和罐式集装箱（介质为液化气体、低温液体）等；

（10）球形储罐（容积大于或等于 50 m^3）；

（11）低温液体储存容器（容积大于 5 m^3）。

2. 二类容器（符合三类要求的除外）

（1）中压容器；

（2）低压容器（仅限毒性程度为极度和高度危害介质）；

（3）低压反应容器和低压储存容器（仅限易燃或毒性程度为中度危害介质）；

（4）低压管壳式余热锅炉；

（5）低压搪玻璃压力容器；

3. 一类容器（符合三类和二类要求的除外）

上述分类涉及压力容器中化学介质毒性程度和易燃介质的划分参照 HG 20660《压力容器中化学介质毒性危害和爆炸危害程度分类》的规定。无规定时，按下述原则确定毒性程度：

（1）极度危害（Ⅰ级）最高容许浓度＜0.1 mg/ m^3；

(2) 高度危害(Ⅱ级)最高容许浓度 0.1 mg/m³～<1.0 mg/ m³；

(3) 中度危害(Ⅲ级)最高容许浓度 1.0 mg/m³～<10 mg/ m³；

(4) 轻度危害(Ⅳ级)最高容许浓度≥10 mg/ m³。

二、压力容器的结构

(一) 对压力容器结构的要求

1. 足够的强度：压力容器的受压元件应有足够的强度，否则就不能保证安全。

2. 刚度：即构件在外力作用下保持原来形状的能力。有时压力容器构件主要取决于刚度而不是强度，例如承受外压的元件。

3. 一定的耐久性：根据所要求的使用年限来决定压力容器的耐久性，它大多取决于腐蚀情况，在某些情况下，还取决于设备的疲劳、蠕变等。

4. 可靠的密封性：密封的可靠性直接关系到安全生产，这是由于生产的介质往往是易燃易爆或有毒有害，介质泄漏可能导致爆炸或中毒事故。

5. 制造、操作和运输方便：压力容器结构应考虑便于制造和检查，以保证质量和长期运行，并尽量采用标准部件，还要便于操纵和日常维修，设置必要的人孔、检查孔。此外还应注意陆路运输方便，其直径、长度和重量应符合运输部门的规定。

(二) 压力容器的主要组成元件

压力容器的结构型式是多种多样的。它是根据容器的作用、工艺要求、加工设备和制造方法等因素确定的。但容器的基本结构是由承受压力的壳体、连接件、密封件和支座等主要部件组成的。

压力容器按其结构特征，主要有圆筒形容器、管壳式换热容器和球形容器。

(三) 圆筒形容器的结构

1. 筒体

容器的筒体为圆筒形的称为圆筒形容器。筒体是压力容器的最主要部分，贮存物料或完成化学反应所需要的压力空间，大部分是由它构成的。圆筒筒体按其结构可分整体式和组合式两大类：

(1) 整体式筒体也就是器壁只有一层。中低压容器由于壁厚较薄，因此多为整体式筒体，其中除直径较小时采用无缝管制作外，大部分均采用单层卷板这一制造方法。整体式筒体结构简单、工序少、制造方便、生产率高。

(2) 组合式筒体，即筒体的壁厚在厚度方向是由两层以上互不连续的材料构成的。组合式筒体厚度没有限制，能充分发挥不同材料的特性，节省贵重材料，另外运行时的安全性能优于整体式筒体，它不易发生脆性破坏，且破坏时不易产生碎片，危害较小。

整体式筒体和组合式筒体虽各有优劣，但它们又不能互相代替。

2. 封头

根据几何形状的不同，封头可分为球形封头、椭圆形封头、锥形封头和蝶形封头等数种。当容器组装后不再需要开启时，上、下封头应直接和筒体焊在一起，这样能有效地保证密封、节省材料和减少加工制造的工作量。对于因检修和更换内件的需要而必须开启

的容器，封头与筒体的连接应做成可拆式的，此时封头与筒体之间必须有一个密封结构。

3. 法兰

法兰是容器与管道连接中的重要部件，它的作用是通过螺栓和垫片的连接与密封，保证系统不致发生泄漏。法兰按其连接的部件分为管法兰和容器法兰。用于管道连接的叫做管法兰，用于容器端盖与筒体连接的叫做容器法兰。法兰通过螺栓连接，是容器中用得最多的一种连接结构，如封头与筒体、各种接管以及人孔、手孔。法兰螺栓连接虽然开启不十分方便，但结构简单、使用可靠。

4. 密封元件

密封元件放在两个法兰的接触面之间，借助螺栓等连接件压紧，从而使容器内的液体或气体被封住不致泄漏。密封元件按所用材料不同，分为非金属密封元件（如石棉垫、聚四氟乙烯垫等）、金属密封垫（如紫铜垫、铝垫、软钢垫等）和组合式密封垫（如铁包石棉垫、钢丝缠绕石棉垫等）。密封元件按其截面不同，可分为平垫片、三角形垫片、八角形垫片、透镜式垫片等。密封结构是压力容器的一个重要组成部分。压力容器能否正常工作在很大程度上取决于密封结构的完整性，因为介质是有毒、易燃气体，不允许有一点泄漏。

5. 开孔与接管

因工艺要求与检修的需要，在筒体或封头上开设各种孔或安装各种仪表、阀门等接管开孔。开孔是容器中一个主要薄弱环节，对容器的疲劳寿命影响较大，因此，容器上要尽量减少开孔数量，避免开大孔。对于高压容器要尽量避免在筒体上开孔，而要把开孔位置移到安全裕度大的封头上。

6. 支座

容器靠支座支撑在基础上。随着圆筒形容器的安装位置不同，有立式容器支座和卧式容器支座2类。常用的立式容器支座有悬挂式支座、支撑式支座、裙式支座等。卧式支座主要采用鞍式支座。

上述6大部分即构成了一台压力容器的外壳。

（四）管壳式换热容器的结构

常见的换热器有管壳式、盘管式、螺旋板式和波纹板式等，其中以管壳式用得最多。

管壳式换热容器的介质通常有2种流体通道，介质流经换热管内的通道及其相贯通部分称为管程，而介质流经换热管外的通道及其相贯通部分称为壳程。

常见管壳式换热器有固定管板式换热容器、浮头式换热器、U形管式换热器、填料函式换热器、釜式换热器等。

1. 壳程筒体

壳程筒体一般为圆筒形，即是换热管束布置空间，也是一种换热介质流动的腔体。筒体两侧与固定管板连接，但对釜头式和活动管板式换热器，两侧则与壳体法兰连接。

2. 管箱

管箱一般由管程筒体、封头（或平端盖）管箱法兰组成。管箱与壳体的连接用管板或设备法兰连接。

3. 管板

管板是换热容器中受力最复杂的零件，其主要作用为连接换热管束，也可兼作壳体法

兰或不兼作壳体法兰。管板和换热管的连接可以是焊接、胀接或先胀后焊。

4. 封头(或平端盖)

管箱一般常带封头。封头一般为椭圆形封头、锥形封头或平端盖。对U形管换热器、壳程筒体一侧也带封头。

5. 主法兰

主法兰也称设备法兰,一般指壳体法兰和管箱法兰。

6. 主螺栓

连接壳体法兰(或管板)和管箱法兰的螺栓。

7. 密封件

壳体法兰(或管板)和管箱之间用密封垫片作为密封件。函式换热器则用填料函结构来密封。

8. 换热管

主要换热部件常见的有列管、U形管、刺刀管等型式。

9. 膨胀节

膨胀节用在外壳上以补偿壳体与换热管胀缩不同而引起的应力。根据筒体的长度和管壳温差,来决定所需要膨胀节的型式和数量。

10. 接管

换热器接管主要包括换热介质进出口接管和放气口、排液口及仪表管等。

(五) 球形容器的结构

1. 球壳板

球壳各带及上下两板均由多块球壳板组成。球壳板也称瓣片。球壳板采用热压或冷压成型,先预制球瓣,然后在现场组焊成球罐。

2. 支柱

球壳与支柱的连接一般为赤道正切型式。用钢管制作的支柱,沿赤道等距离布置,并正切于球形容器的赤道。连接处一般采用支柱翻边结构或加托板的结构型式。支柱之间由拉杆相联。拉杆可分为可调式和固定式2种。

(六) 压力容器内件

压力容器作为一种生产工艺设备,有些容器内部还装有工艺所要求的内件。如塔板、塔盘、搅拌器、各种分布器、隔板、折流板等。

三、安全附件

由于压力容器的使用条件比较苛刻(如高温、高压),局部应力比较复杂,而且一旦投用,一般要求连续运行,而不能任意停车,否则会影响生产线或区域的生产和生活。为了确保压力容器的安全运行,防止因超温、超压等原因而发生事故,除了从设计、制造、使用、管理和检验等环节采取措施外,还应根据需要在容器上装设必要的安全附件。如安全阀、压力表、爆破片、安全阀与爆破片装置的组合、爆破帽、易熔塞、紧急切断阀、减压阀、温度计、液位计等。因此,必须确保压力容器的安全运行,保证其安全附件的完好。

1. 安全阀

安全阀是压力容器上的重要安全附件之一，它对压力容器内部压力极限值的控制及对其安全保护起着重要的作用。

(1) 安全阀的安装

安全阀应该垂直地装在锅筒、集箱的最高位置，安全阀与锅筒或集箱之间不得装接取用蒸汽的出气管和阀门。

安全阀应垂直安装，装设在压力容器液面以上气相空间部分或装设在压力容器气相空间相连的管道上。液化气体储罐上的安全阀必须装设在储罐上的气相部位。压力容器与安全阀之间的连接管和管件的通孔，其截面积不得小于安全阀的进口截面积，其接管应尽量短而直。安全阀与压力容器之间一般不宜装设截止阀门。压力容器一个连接口上装设 2 个或 2 个以上的安全阀时，则该连接口入口的截面积，应至少等于这些安全阀的进口截面积总和。但氧气和可燃气体以及其他能相互产生化学反应的 2 种气体不能共用 1 根排放管。

安全阀装设位置，应便于检查和维修。压力容器上装设的封闭式安全阀，应配置排放管，以便将介质排放到室外或其他安全场所。排放管应尽量避免曲折和急转弯，以减少阻力，直径应不小于安全阀出口的公称直径。排放管要有适当支撑，以免使安全阀产生过大的附加应力或引起振动。排放管如有可能积聚冷凝液体或雨水等时，应在能够将其全部排净的地方装设能接到地面的泄水管。排气管和泄水管上都不能装设阀门。

(2) 安全阀的调试

安全阀在安装前以及在压力容器做定期检验时，应进行耐压(强度)试验、密封试验和校正调整等。

(3) 安全阀的维护和检查

要使安全阀经常处于良好的状态，保持灵敏正确，必须在容器的日常运行过程中加强对它的维护和检查。

经常保持安全阀的清洁，防止阀体弹簧等被油污、垢污等粘住或锈蚀，防止安全阀排放管被油垢或其他异物堵塞；经常检查安全阀的铅封是否完好，杠杆式安全阀的重锤是否有松动、被移动以及加挂重物的现象；安全阀必须实行定期检验，包括清洗、研磨、试验和校正调整；安全阀一般每年至少应校验 1 次，拆卸进行校验有困难时应采用现场校验(在线校验)。

2. 压力表

压力表是用以测量压力的器具。凡是需要单独装设安全泄压装置的压力容器，都必须装有压力表。压力表按照结构和工作原理不同分为液柱式、弹性元件式、活塞式和电量式 4 类。

(1) 压力表的装设

压力表装设位置应便于操作人员观察和清洗，且应避免受到辐射热、冻结或震动等不利影响；压力表与承压设备之间，应装设旋塞；用于水蒸气介质的压力表，其接管上应装有存水弯管；用于具有腐蚀性或高黏度介质的压力表，在压力表与承压设备之间应装设能隔离介质的缓冲装置；应根据压力容器的最高许用压力，在压力表的刻度盘上划上警戒

红线。

(2) 压力表的维护

要使压力表保持灵敏准确，除了合理选用和正确安装以外，在压力容器运行过程中应加强对压力表的维护和检查，并定期校验。

压力表应保持洁净，表盘上的玻璃要明亮清晰，使表盘内指针指示的压力值能清楚易见。压力表的连接管要定期吹洗，以免堵塞。特别是用于含有较多油污或其他黏性物料气体的压力表连接管，应勤吹洗。经常检查压力表指针的转动与波动是否正常，检查连接管上的旋塞是否处于开启状态。

压力表必须定期进行校验，已经超过校验期限的压力表应停止使用。在锅炉和压力容器正常运行过程中，发现压力表指示不正常，应立即检验校正。压力表校验后应加铅封。

3. 爆破片

爆破片装置又称为爆破膜或防爆膜，是一种非重闭式泄压装置，由进口静压使爆破片受压爆破而泄放出介质，以防止容器或系统内的压力超过预定的安全值。与安全阀相比，爆破片具有结构简单，泄压反应快，密封性能好，适应性强等特点。

4. 安全阀与爆破片装置的组合

安全阀与爆破片装置并联组合时，爆破片的标定爆破压力不得超过容器的设计压力。安全阀的开启压力应略低于爆破片的标定爆破压力。

5. 爆破帽

爆破帽为一端封闭，中间具有一薄弱断面的厚壁短管，爆破压力误差较小，泄放面积较小，多用于超高压容器。超压时其断裂的薄弱断面在开槽处。

6. 易熔塞

易熔塞属于“熔化型”(“温度型”)安全泄放装置，它的动作取决于容器壁的温度，主要用于中、低压的小型压力容器，在盛装液化气体的钢瓶中应用更为广泛。

7. 紧急切断阀、减压阀

紧急切断阀是一种特殊结构和特殊用途的阀门，它通常与截止阀串联安装在紧靠容器的介质出口管道上，以便在管道发生大量泄漏时进行紧急止漏，一般还具有过流闭止及超温闭止的性能，并能在近程和远程独立进行操作。减压阀是利用膜片、弹簧、活塞等敏感元件改变阀瓣与阀座之间的间隙，当介质通过时产生节流，压力下降而使其减压的阀门。

8. 温度计、液位计

液位计又称液面计，是用来观察和测量容器内液位位置变化情况的仪表。特别是对于盛装液化气体的容器，液位计是一个必不可少的安全装置。对于需要控制壁温的容器，还必须装设测试壁温的温度计。

四、压力容器的爆炸事故及其危害

爆炸，从广义上来说，是指一种极其迅速的物理的或化学的能量释放过程，在这一过程中，系统的内在势能转变为机械能及光和热的辐射等。压力容器破裂时，容器内高压气

体解除了外壳的约束，迅即进行膨胀并以很高的速度释放出内在能量。这就是通常所说的物理爆炸现象。

压力容器破裂引起的气体爆炸，虽然不像一般炸药那样能形成 3 000℃～5 000℃的高温和数十万大气压力的高压，但是，如果容器的工作压力较高、容积较大，则爆炸能量也是不小的，而且产生的危害也是多方面的。

压力容器破裂时，气体膨胀所释放的能量，一方面使容器进一步开裂，并使容器或其所裂成的碎片以较高的速度向四周飞散，造成人身伤亡或撞坏周围的设备等。另一方面，它的更大一部分产生冲击波，冲击波除了直接伤人外，还可以摧毁厂房等建筑物，产生更大的破坏作用。

如果压力容器的工作介质是有毒的气体，则随着容器的破裂，大量的毒气向周围扩散，产生大气污染，并可能造成大面积的中毒区域。更严重的是容器内充装的可燃的液化气体，在容器破裂后，它立即蒸发并与周围的空气形成可爆性混合气体，遇到容器碎片撞击设备产生的火花或由于高速气流所产生的静电作用，会立即发生化学爆炸，即通常所说的容器二次爆炸，它产生的高温燃气向四周扩散，并引起周围可燃物燃烧，会造成大面积的火灾。

五、压力容器事故产生的原因及处理的要求

1. 压力容器事故产生的主要原因

压力容器一般只要发生事故，大部分都是破坏性事故。造成事故的原因是多方面的，往往由几种不安全因素引起。一般来讲，其原因有以下 2 个方面：

第一是因设计失误，粗制滥造引起的；

第二是使用不当，致使容器强度不足而破裂。

2. 对事故处理的要求

(1) 一旦发生压力容器事故，操作人员一定要保持镇静，不要惊慌失措。判断事故原因和处理事故时要“稳、准、快”。重大事故要保持现场，并及时报告有关领导。

(2) 事故原因一时查不清，应迅速报告上级，不得盲目处理。在事故未妥善处理之前，操作人员不得擅离岗位。

(3) 事故后，应将发生事故的前后时间、部位、经过及处理方法等详细记录，并根据具体情况进行分析，找出主要原因，从中吸取教训，防止类似事故再次发生。

六、压力容器的检验

压力容器的定期检验包括：外部检查、内外部检验和水压试验。

1. 外部检查

外部检验是指在用压力容器运行中的定期在线检查，每年至少进行 1 次。外部检查可以由检验单位有资格的检验员进行，也可由经安全监察机构认可的使用单位压力容器专业人员进行。

2. 内外部检验

内外部检验是指在用压力容器停机时的检验。内外部检验应由检验单位有资格的检

验员进行。压力容器投用后首次内外部检验周期一般为3年。内外部检验周期的确定取决于压力容器的安全状况等级。当压力容器安全状况等级为1、2级时，每6年至少进行1次内外部检验；当压力容器安全状况等级为3级时，每3年至少进行1次内外部检验。

3. 耐压试验

耐压试验是指压力容器停机检验时，所进行的超过最高使用压力的液压试验或气压试验。对固定式压力容器，每2次内外部检验期间内，至少进行1次耐压试验；对移动式压力容器，每6年至少进行1次耐压试验。

七、压力容器定期检验安全注意事项

1. 影响内外表面检验的附设部件或其他物体，应按检验要求进行清理或拆除。

2. 为检验而搭设的脚手架、轻便梯等设施，必须安全牢固，便于进行检验和检测工作。

3. 对槽、罐车检验时，应采取措施防止车体移动。

4. 高温或低温条件下运行的压力容器，应按照操作法的要求缓慢地降温或升温，防止造成损伤。

5. 检验前，必须切断与压力容器有关的电源，拆除保险丝，并设置明显的安全标志。

6. 如需现场射线探伤时，应隔离出透照区，设置安全标志。

7. 进行内外部检验时，还应符合下列条件：

(1) 必须将内部介质排除干净，用盲板隔断所有液体、气体或蒸汽的来源，设置明显的隔离标志。

(2) 具有易燃、助燃、毒性或窒息性介质的，必须进行置换、中和、消毒、清洗，并取样分析，分析结果应达到有关标准、规范的规定和要求。取样分析的间隔时间，应在使用单位的有关制度中作出具体规定。

人孔和检查孔打开后，必须注意清除所有可能滞留的易燃、有毒、有害气体。压力容器内部空间的气体含氧量应在18%～23%(体积比)。必要时，还应配备通风、安全救护等设施。

具有易燃介质的，严禁用空气置换。

(3) 能够转动的或其中有可动部件的压力容器，应锁住开关，可靠牢固。

(4) 需要进行检验的表面，特别是腐蚀部位和可能产生裂纹性缺陷部位，应彻底清扫干净。

(5) 检验用灯具和工具的电源电压，应符合GB 3805《安全用电》的规定。

(6) 内部检验时，应有专人监护，并有可靠的联络措施。

8. 检验用的设备和器具，应在检定有效期内，经检查和校验合格后方可使用。

八、压力容器的安全操作

正确合理地操作和使用压力容器，是保证其安全运行的一项重要措施。对压力容器操作的基本要求：

1. 平稳操作

平稳操作主要是指缓慢地进行加载和卸载以及运行期间保持载荷的相对稳定。压力容器开始加压时，速度不宜过快，尤其要防止压力的突然升高，因为过高的加载速度会降低材料的断裂韧性，可能使存在微小缺陷的容器在压力的冲击下发生脆断。高温容器或工作温度在零度以下的容器，加热或冷却也应缓慢进行，以减小壳体的温度梯度。运行中更应该避免容器温度的突然变化，以免产生较大的温度应力。运行中压力频繁地或大幅度地波动，对容器的抗疲劳破坏是极不利的，因此应尽量避免压力波动，保持操作压力的稳定。

2. 防止超载

由于压力容器允许使用的压力、温度、流量及介质充装等参数是根据工艺设计要求和保证安全生产的前提下制定的，故在设计压力和设计温度范围内操作可确保运行安全。反之如果容器超载超温超压运行，就会造成容器的承受能力不足，因而可能导致压力容器爆炸事故的发生。

3. 容器运行期间的检查

在压力容器运行过程中，对工艺条件、设备状况及安全装置等进行检查，以便及时发现不正常情况，采取相应的措施进行调整或消除，防止异常情况的扩大和延续，保证容器的安全运行。

4. 操作记录

操作记录是生产操作过程中的原始记录，操作人员应认真及时、准确真实地记录容器实际运行状况。

5. 容器的紧急停止运行

运行中若容器突然发生故障，严重威胁安全时，容器操作人员应及时采取紧急措施，停止容器运行，并上报上级领导。

6. 容器的维护保养

加强容器的维护保养防止容器因被腐蚀而致壁厚减薄甚至发生断裂事故。具体措施为：容器在运行过程中保持完好的防腐层，经常检查防腐层有无自行脱落或装料和安装内部附件时被刮落或撞坏；控制介质含水量，经常排放容器中的冷凝水，消除产生腐蚀的因素；消灭容器的“跑、冒、滴、漏”等。

7. 容器停用期间的维护

容器长期或临时停用时应将介质排除干净，对容器有腐蚀性介质要经过排放、置换、清洗等技术处理。处理后应保持容器的干燥和洁净，减轻大气对停用容器的腐蚀。另外也可采用外表面涂刷油漆的方法，防止大气腐蚀。

九、压力容器的安全有关规章制度

使用压力容器的单位要加强安全管理工作，主要有以下几点。

1. 贯彻执行《压力容器安全技术监督规程》和有关的压力容器安全技术规范、规章；
2. 制定压力容器的安全管理规章制度；
3. 参与压力容器的订购、设备进厂、安全验收及试车；

4. 检查压力容器的运行、维修和安全附件校验情况；

5. 对压力容器的检验、修理、改造和报废等进行技术审查；

6. 编制压力容器的年度定期检验计划，并负责组织实施；

7. 向主管部门和当地安全监察机构报送当年压力容器数量和变动情况的统计报表，压力容器定期检验计划的实施情况，存在的主要问题和处理情况等；

8. 搞好压力容器事故的抢救、报告、协助调查和善后处理；

9. 加强检验、焊接和操作人员的安全技术培训和管理；

10. 重视压力容器使用登记及技术资料的管理。

第四节　压力管道

一、压力管道的概述及其分类

（一）压力管道概述

压力管道是指利用一定的压力，用于输送气体或液体的管状设备，其范围规定为最高工作压力大于或等于 0.1 MPa（表压）的气体、液化气体、蒸汽介质或可燃、易爆、有毒、有腐蚀性、最高工作温度高于或等于标准沸点的液体介质，且公称直径大于 25 mm 的管道。

由于压力管道是在高压下输送气体、液体的一种特殊设备，无论是爆炸或泄漏都易引起灾难性事故。随着电力、石油天然气和城市集中供热的发展，压力管道的使用越来越广泛，事故起数逐年增加。从 1995 年开始，原劳动部开始将压力管道纳入安全监察范围，1996 年颁布了《压力管道安全管理与监察规定》（以下简称《规定》）。1998 年原国家质量技术监督局的“三定”和 2001 年国家质量监督检验检疫总局的“三定”规定中都明确了对压力管道实行安全监察。

对压力管道实施安全监察也是发达工业国家的通行作法。欧盟在颁布的承压设备指令中，将压力管道与压力容器统称为承压设备，并规定采取同样的监督方式。欧盟各国根据该指令，制定了相应的法律，设立了专门的监察机构。加拿大《安全与消费者管理办法》授权“技术标准和安全管理机构”（TSSA）负责包括压力管道等的监督管理。美国也制定了管道安全法规，在有关部门内设立“压力管道安全办公室”（OPS）负责监督管理。

为了使我国的压力管道更加规范，并与国际管理接轨国家质量监督检验检疫总局（原国家质量技术监督局）于 2000 年 6 月 8 日颁布了《压力管道安装单位资格认可实施细则》（以下简称《实施细则》）。

《规定》中对压力管道进行了限定。包括最高工作压力大于等于 0.1 MPa（表压）。输送气体、液化气体的管道；输送可燃、易爆、有毒、有腐蚀性介质的管道；最高工作压力低于 0.1 MPa（表压），但属于输送极度危害性及火灾危险性介质的管道。即那些在生产、生活中使用的输送可能引起燃烧、爆炸或中毒等危险性介质的管道。如输送原油、燃气、各类工艺物料、有毒气体、有害气体等介质的管道。

（二）压力管道的分类

为了便于对我国压力管道进行管理，《规定》中将压力管道按其用途划分为工业管道、

公用管道和长输管道。

工业管道是指工业企业所属的用于输送工艺介质的工艺管道、公用工程管道和其他辅助管道。工业管道主要集中在石化炼油、冶金、化工、电力等行业。

公用管道是指城镇范围内用于公用事业或民用的燃气管道和热力管道。

长输管道是指产地、储存库、使用单位之间的用于运输商品介质的管道，主要是原油管道、天然气管道、油田集输管道和成品油管道。

压力管道的类别、级别：

《实施细则》将压力管道分为3类、7级。

类别分别是长输管道(GA类)、公用管道(GB类)和工业管道(GC类)；级别分别是长输管道GA1级、GA2级，公用管道GB1级、GB2级以及工业管道GC1级、GC2级和GC3级。

1. 长输管道(GA类)：是指产地、储存库、使用单位间的用于输送商品介质的管道。长输管道按其管道设计压力、输送距离以及管道公称直径又分为2个级别即GA1级和GA2级。

2. 公用管道(GB类)：是指城市或乡镇范围内的用于公用事业或民用的燃气管道和热力管道。公用管道按其输送介质的不同，分为燃气管道GB1级和热管道GB2级。

3. 工业管道(GC类)：是指企业、事业单位所属的用于输送工艺介质的工艺管道、公用工程管道及其他辅助管道。

工业管道按其输送介质的毒性程度、火灾危险程度、设计工作压力以及设计温度等条件，又分为GC1、GC2和GC3 3个级别。其GB 5044《职业性接触毒物危害程度分级》中规定的毒性程度为极度危害介质为：汞及化合物、苯、砷及无机化合物、氯乙烯、铬酸盐、黄磷、铍及化合物、对硫磷、羰基镍、八氟异丁烯、氯甲醚、锰及无机化合物、氢化物等。

其GB 50160《石油化工企业设计防火规范》及GBJ 16《建筑设计防火规范》中规定的火灾危险性为甲类可燃气体为与空气混合物的爆炸下限＜10%(体积)者；乙类可燃气体为与空气混合物的爆炸下限≥10%(体积)者。甲类可燃液体是指液化烃(甲A)在15℃时的蒸气压力＞0.1 MPa的烃类液体及其他类似的液体；甲B类可燃液体是指在甲A类以外，闪点＜28℃可燃液体。

二、压力管道施工的特点

1. 电力建设项目中的管道工程布置有室内、室外、高空、地下等不同条件，工作流动性大，作业面宽，作业平面、立体交叉。

2. 施工分散，往往是多种工种、多种作业方式的联合作业，配合施工。

3. 无固定作业场所，对于已经生产的电力企业的改建、扩建工程和维修工程，还涉及与原有高温、高压、易燃、易爆等管道的交叉和连接，作业条件不好，施工条件复杂。

4. 受施工季节和气候的影响较大，特别是对露天作业施工的影响更大。

5. 在组织施工和施工过程中，要充分考虑上述特点，实行科学有序的施工，防止在管道施工、维修工作中发生事故。

三、压力管道施工现场的安全布置及一般安全规则

1. 施工现场应整齐清洁，有条不紊，实行文明施工。

(1) 各种设备、材料和废弃物都要堆放在指定地点。施工现场的通路要畅通，根据工程规模的大小、运输工具和施工机械的类型和吨位合理确定道路的宽度，并按指定的线路行驶。

(2) 无关人员不得在现场通过和停留，注意与运转中的设备保持一定的安全距离。

(3) 在有车辆或行人通过的交通道路上进行管道施工时，要在作业区范围内设置拦挡物，并设醒目的警戒标志：白天设红旗，夜间设红灯。必要时，经交通主管部门同意，可以封闭道路。

(4) 对于电力建设现场的各种孔、洞、井、楼梯、平台等都要设防护拉杆，在有车辆和行人通过可能时，同样应设醒目的警戒标志：白天设红旗，夜间设红灯。

2. 在建筑物或构筑物上固定索具装备，以及在楼板上堆放沉重的设备或材料时，事先要征得土建部门的同意。

3. 禁止在施工现场随意存放易燃、易爆材料和其他有害物质，这些物质要存放在指定的安全地点，并由专人管理。氧气瓶和乙炔瓶应远离火源。在有火灾危险发生的地方，应配备必要的消防器材和防毒器材。

4. 现场用火(如电焊、气焊、烘炉、喷灯等)应设置在安全地点，周围不得有易燃物，应由专人负责看管，并备水桶、沙子、泡沫灭火器等消防设施。在有可燃气体可能泄漏的地方施工时，要按规定划出防火区，禁止明火。

5. 在遇到坚硬岩石或冻土情况，需用爆破方法开挖管沟时，必须严格按爆破安全技术操作规程进行施工。在布置炮眼位置和确定装药量时，要注意不能对周围建筑物、构筑物和各种明设或暗设电缆和其他管线造成破坏。爆破时要采取安全防护和警戒措施，必要时，周围人员要离开危险区。

6. 高处作业或多层交叉作业要设安全栏杆、安全网、防护棚和围栏，脚手架、脚手板应符合安全规定，跳板和斜道要铺放稳固，有防滑措施等。对于多层交叉作业，如上下空间同时有人作业，中间须有专用的防护棚或其他隔离措施，否则不得在下面作业。上下方各种操作人员必须带安全帽。高空作业搭设的脚手架、跳板、梯子等，必须用 8 号铅丝或绳索牢固地绑扎在结构物或脚手架上。

7. 作业人员进入施工现场时，必须按要求穿戴好劳动保护用品。高空作业人员应戴好安全帽、扎好安全带；电气焊作业人员应戴好防护镜或防护面罩及穿好绝缘鞋；凡与火、热水、蒸汽接触作业时，应带上防护鞋盖或穿上石棉防火衣。

8. 在阴暗潮湿的场所(如地沟、地下室)以及有水的金属容器内作业时，同时作业人员不得少于 2 人，而且应戴上绝缘手套，穿好绝缘胶鞋，照明灯的电压应为 12V 安全电压，并设防护罩。

9. 在挖掘管沟时，应按土方安全技术规定执行。

10. 在深 1 m 以上的管沟或坑道中施工时，沟、坑两侧或周边应设围栏并派专人监护。

11. 在沟内敷设管道如遇有土方松动、裂纹、渗水等情况时，应及时加设固壁支撑。严禁用固壁支撑代替上下扶梯或吊装支架。

12. 人工往管沟下管时，所用索具，地桩必须牢固，管沟内不得有人。吊件下禁止站人，管子就位后，方可松开倒链。

13. 用生料袋做垫料时，必须制订防止氟中毒的措施。

14. 与运行的管道进行连接前，必须按规定的要求办理热力机械工作票；连接后，管道上的隔离门应关闭并上锁。

15. 弹簧阀门解体时，应先均匀地放松弹簧。

16. 研磨阀门结合面时应将阀体固定好。

17. 阀门水压试验台应设泄压阀。试验结束，应待压力泄尽后方可拆卸阀门。

18. 管道试压特别是大直径气压试验和高压、超高压管道试压(水压、气压)，应编制专项安全技术措施。试压不宜采用水银压力计，需要采用水银压力计时，应指定专人保管防止破碎。水银表面应用10%食盐水溶液或甘油等介质密封，严防挥发。

19. 当水银压力计、温度计破碎或水银冲出时，应立即报告安技、卫生防疫部门采取措施，不准用手去接触水银，更不得用空气吹扫、水冲，严防扩散。

20. 管道吹扫，特别是大直径管道和高温、高压、低温、易燃、有毒等介质管道吹扫，应编制专门吹扫方案，并指定有经验人员进行。

21. 在管道吹扫、冲洗时，应将管道固定，与气源之间必须装置联络信号，吹扫口、试压排放口严禁对着电线、基坑和有人操作的场所。

22. 在当管道吹扫、冲洗时，应缓慢开启阀门，以免管内突然介质冲出，产生水锤、气锤。

23. 燃气管道用空气试压后，必须以燃气吹扫，方可投入运行，吹扫口的燃气必须及时燃尽，避免大量气体集积，发生火灾。

24. 氧气管道安装、吹扫、试压、检修所用的工具、管材、零件、阀门不得沾有油脂，因油脂遇氧后会急剧氧化引起燃烧。

25. 管道试压，应使用经检验合格的压力表。分级缓慢试压，停泵稳压后方可进行检查。非操作人员不得在盲板、法兰、焊口、丝口处停留。

26. 直接从事化铅、灌铅及用铅液退火的人员，为防止吸入铅蒸气引起铅中毒，应采取抽风排毒的技术措施。灌铅时，管口不准有水，操作人员要缓慢浇筑并戴好防毒口罩、防护眼镜及系好鞋带。

27. 钢管铅浴退火，应将管头烘干后，再插入铅锅内，并固定牢靠。严禁熔化潮湿的铅块。

28. 当管道及附件冻结时，一般不能采用明火烘烤的办法，对于输送易燃、易爆物品的管道，绝对禁止用明火烘烤，只能用蒸汽或热水冲洗解冻。

29. 夜间施工，要有足够的照明。

四、管道机具操作安全技术

1. 各种机械和工具在使用前应按规定项目和要求进行检查，如发现有故障、破损等

情况，应经修复或更换后才能使用。

2. 电动工具和电动机械设备，应有可靠的接地装置。使用前应检查是否有漏电现象，并应在空载情况下起动。操作人员应戴上绝缘手套，如在金属平台上作业，应穿上绝缘胶鞋或在工作平台上铺上绝缘垫板。电动机具发生故障时，应及时修理。

3. 操作电动弯管机时，应注意手和衣服不要接近旋转的弯管模。在机械停止转动前，不能从事调整停机挡块的工作。

4. 切割钢管的砂轮切割机的砂轮片必须用有增强纤维的砂轮片。砂轮片上必须装有能遮盖 180°以上的保护罩。操作时应慢慢吃力，切勿使其突然吃力和受冲击力。

5. 操作钻床时，钻头要夹紧，防止松脱，并严禁戴手套。

6. 用链条葫芦(倒链)起重钢管时，不能超出其起重能力。在任何方向使用时，拉链方向应与链轮方向相同，注意防止手拉链脱槽，拉链子的力量要均匀，不能过快过猛。如手拉不动时，应查明原因，不能增加人数猛拉，以免发生事故。

7. 用链条葫芦吊起阀门或组件时，升降要平稳。如需在起吊物下作业，应将链条打结保险，并必须用道木或支架等将部件垫稳。

8. 使用锤子工作时，不准戴手套，锤柄、锤头上不得有油污。抡大锤时，抡转方向不得有人。

9. 尖头錾、扁錾、盘根錾头部被锤击成蘑菇状时不能继续使用，顶部有油应及时清除。

10. 锉刀必须装好木柄方可使用，锉削时不可用力过猛，不能将锉刀当橇扛使用。

11. 使用扳手时扳口尺寸应与螺母尺寸相符，防止扳口尺寸过大，用力打滑，在扳手柄上不应加套管。

12. 使用钢锯锯削钢管时用力要均匀，被锯的管子或工件要夹紧，即将锯断时要用手或支架托着，以免管子或工件坠落伤人。

13. 使用管钳子时，一手应在钳头上，一手对钳柄均匀用力。在高空作业时，安装公称直径 50 mm 以上的管子，应用链条钳，不得使用管钳子。

14. 使用台虎钳时，钳把不得用套管加力或用锤子敲打，所夹工件尺寸不得超过钳口最大行程的 2/3。

15. 管支架安装在使用射钉枪时应严格按操作规程来使用，安全使用射钉枪。

(1) 使用前应仔细检查枪体各部位是否符合射击使用要求。

(2) 装钉弹时，严禁将手握住枪的扳机，以免发生意外事故。

(3) 在发射部位除了发射操作人员以外，不允许其他人靠近或逗留。在射钉隔墙的室内不准有人，或派人监护，或避开射钉方位。

(4) 操作时必须把枪握牢，摆正枪身，击发要缓慢，使枪紧贴墙面，不能倾斜，以免飞溅物伤人。严禁将枪口对着人。

(5) 装好钉弹的射钉枪，应立即使用，不应放置或带着装有钉弹的枪任意走动。如连续两次钉弹击发不响，须在 1 min 以后打开枪体，检查击针或击针座垫是否正常。

(6) 扶持固定部件的手，在击发时要离开射点的中心位置 150 mm 以外。

(7) 在混凝土上射击时，必须将剥落保护罩装好，否则不能使用。

(8) 制作得不规整且已变形的支架、构件、部件，不得作直接射击的目标使用，以免发生危险。

(9) 操作时必须站在操作方便、稳当的位置。高空作业时，必须将脚手架或梯子等放稳、固定后，再进行操作，预防反冲作用而发生事故。在高处作业时，射钉枪应有牢固的胶带和胶带环，用弹簧钩挂在肩上，便于操作，利于安全作业。

(10) 不经有关部门批准，不得在有爆炸危险和火灾危险的车间或场地内使用射钉枪。

第五节 气 瓶

气瓶是一种移动式压力容器。由于气瓶(特别是氧气气瓶、溶解乙炔气气瓶和二氧化碳气气瓶等)在大中型电力建设项目中使用数量大而频繁，其安全使用致关重要，因此我们将其从压力容器一节中拉出，单独讲述。

我们一般将水容积不超过 1 000 L(常用的气瓶容积为 36 L～45 L)，工作压力不超过 29.42 MPa(300 kgf/cm^2)，用于充装所规定的压缩气体、液化气体或溶解气体的瓶形、桶形、葫芦形及球形等移动压力容器称之为气瓶。

一、气瓶的分类

(1) 按工作压力分类

气瓶按工作压力分为高压气瓶和低压气瓶。高压气瓶的工作压力大于 8 MPa，多为 30、20、15、10、8 MPa；低压气瓶的工作压力小于 5 MPa，多为 5、3、2、1.6、1 MPa。

(2) 按容积分类

气瓶按容积(V，L)分为大、中、小 3 种。大容积气瓶的容积为 100 L$<V\leqslant$1 000 L；中容积气瓶的容积为 12 L$<V\leqslant$100 L；小容积气瓶的容积为 0.4 L$\leqslant V\leqslant$12 L。

(3) 按盛装介质的物理状态分类

按盛装介质的物理状态，气瓶可分为永久气体气瓶、液化气体气瓶和溶解乙炔气瓶。

a) 永久性气体气瓶。永久性气体是指临界温度低于－10℃，常温下呈气态的气体，如氢气、氧气、氮气、空气、一氧化碳及惰性气体。

盛装永久性气体的气瓶都是在较高压力下充装气体的钢瓶。常见的压力为 15 MPa，也有充装压力为 20 MPa～30 MPa 的。

b) 液化气体气瓶。液化气体是指临界温度等于或高于－10℃的各种气体，它们在常温、常压下呈气态，而经加压和降温后变为液体。在这些气体中，有的临界温度较高，如硫化氢、氨、丙烷、异丁烯、环氧乙烷、液化石油等。气体经加压、降温液化后充入钢瓶中，装瓶后在瓶内保持气相和液相平衡状态。这些气体的充装压力一般不超过 10 MPa，常把这些气体的气瓶称为低压液化气体气瓶。

有的液化气体的临界温度较低，在－10℃$\leqslant T\leqslant$70℃，如二氧化碳气、氯化氢、乙烯、乙烷等，这些气体的充装压力较高，一般在 12.5 MPa～15 MPa，充装后可能在环境温度的影响下全部气化，这类气瓶常称为高压液化气体气瓶。

c）溶解乙炔气瓶是专门用于盛装乙炔的气瓶。由于乙炔气体极不稳定，特别是在高压下，很容易聚合或分解，液化后的乙炔，稍有振动，即会引起爆炸。所以不能以压缩气体状态充装，必须把乙炔溶解在溶剂（常用丙酮）中，瓶内充满多孔物质（如硅酸钙多孔物质等）作为吸收剂。为了增加乙炔的充装量，乙炔气是以加压方式充装的。

二、钢质气瓶的安全装置

我国目前使用的钢质气瓶中，绝大部分是40L无缝钢瓶和容积较大的焊接钢质气瓶2种。这些气瓶一般由瓶体、瓶阀、安全泄压装置、瓶帽、底座、防震圈组成。焊接钢瓶还有护罩。

40 L无缝气瓶的瓶体大多数用碳素钢坯经冲压、拉伸等方法制成。为了便于平衡直立，其底部用热套方法加装筒状或四角状底座。

焊接式气瓶的公称直径较大，承压较低。它由2个封头和1个筒体组成，两头焊有大小护罩，是为了保护钢瓶直立的需要，护罩上开有吊孔。

（1）安全泄压装置

气瓶的安全泄压装置主要是防止气瓶在遇到火灾等特殊高温时，瓶内介质受热膨胀而导致气瓶超压爆炸的一种安全装置。其主要有爆破片、易熔塞、安全阀、爆破片-易熔塞复合装置。

（2）瓶阀

瓶阀是气瓶的主要附件，用以控制气体的进出，因此，要求气阀体积小，强度高、气密性好、耐用可靠。它由阀体、气瓶阀杆、阀瓣、密封件、压紧螺母、手轮以及易熔合金塞、爆破膜等组成。

（3）瓶帽

瓶帽是为了防止气瓶瓶阀在搬运、装卸或使用中遭受被破坏的一种保护装置。为了防止瓶阀泄漏，或由于安全泄压装置动作，造成气体迅速外泄，在瓶帽侧面开有对称的泄气孔。对称的排气孔还可避免当瓶阀损坏时，气体由瓶帽一侧排出产生反作用力推倒气瓶。瓶帽用钢管、可锻铸铁或球墨铸铁等材料制成。

（4）防震圈

防震圈是为了防止气瓶在搬运、装卸或使用中瓶体受撞击的一种保护性附件。它是由橡胶或塑料制成的厚不小于25 mm～30 mm的弹性圆圈。每个气瓶上套2个（上下各1个），当气瓶受到撞击时，能吸收能量，减轻震动并有保护瓶体标志和漆色不被磨损的作用。

（5）气瓶的漆色和标志

为了便于识别气瓶充填气体的种类和气瓶的压力范围，避免在充装、运输、使用和定期检验时混淆而发生事故，国家对气瓶的漆色和字样作了明确的规定，详见表12-17。

打在气瓶肩部的符号和数据的钢印，叫气瓶标志（分原始标志和检验标志）。各种颜色、字样、数据和标志的部位、字型等都有明确的规定。

表 12-17　几种常见气瓶漆色

序号	气瓶名称	化学式	外表面颜色	字　样	字样颜色	色　环
1	氢	H_2	深绿	氢	红	p=14.7 MPa 不加色环； p=19.8 MPa 黄色环一道； p=29.4 MPa 黄色环二道
2	氧	O_2	天蓝	氧	黑	p=14.7 MPa 不加色环； p=19.6 MPa 白色环一道； p=29.4 MPa 白色环二道
3	氨	NH_3	黄	液氨	黑	
4	氯	Cl_2	草绿	液氯	白	
5	空气		黑	空气	白	p=14.7 MPa 不加色环
6	氮	N_2	黑	氮	黄	p=19.6 MPa 白色环一道； p=29.4 MPa 白色环二道
7	硫化氢	H_2S	白	液化硫化氢	红	
8	二氧化碳	CO_2	铝白	液化二氧化碳	黑	p=14.7 MPa 不加色环； p=19.6 MPa 黑色环一道

三、气瓶的安全使用

(1) 气瓶使用前的检查

从气体充装站或气瓶储存库接收气瓶时，应对所有接收的气瓶进行逐只检查，发现下列情况之一者，不得接收。

a) 气瓶上没有粘贴气体充装后检验合格证的；

b) 气瓶的颜色标记与所需的气体不符，或者颜色标记模糊不清，或表面漆色覆盖在另外一种漆色之上的；

c) 瓶体上有不能保证气瓶安全使用的缺陷，如严重的机械损伤、变形、腐蚀等；

d) 瓶阀漏气、阀杆受损、侧接嘴螺纹旋向与所需要的气体性质不符或螺纹受损的；

e) 气瓶不能直立、底座松动、倾斜的；

f) 气瓶上未装瓶帽和防震圈，或瓶帽和防震圈尺寸不符合要求或损坏的；

(2) 气瓶的安全使用要点

a) 合理使用、正确操作

① 使用单位应做到专瓶专用，不得擅自改变气瓶的钢印和颜色标记。

② 气瓶使用时，一般应立放，并应有防止倾倒的措施。

③ 近距离移动气瓶，应手盘瓶肩转动瓶底，移动距离比较远时，可用轻便小车运送，严禁抛、滚、滑、翻。气瓶在现场使用时，应将其放在专用车辆上或将其固定使用。

④ 在安装安全泄压装置或汇流排导管时，应检查卡箍或连接螺帽的螺纹完好情况，以免工作时脱开引起事故。用于连接气瓶的减压器、接头、导管和压力表，都应涂以标记，

专门用在一类气瓶上，严防混用。

⑤ 开启或关闭瓶阀时，只能用手或专用扳手，不准使用锤子、管钳、长柄螺纹扳手，以防损坏阀件。开启或关闭瓶阀的速度应缓慢，防止产生摩擦热或静电火花，对盛装可燃气体的气瓶尤其应该注意。

⑥ 发现瓶阀漏气，或放不出气来，或存在其他缺陷时，应将瓶阀关闭，并将发现的缺陷标在瓶体上，送交气瓶充装单位处理。

⑦ 瓶内气体不得用尽（≥0.49 MPa），必须留有剩余压力，以防混入其他气体或杂质。

⑧ 气瓶使用完毕，要送回瓶库或妥善保管。用过气的空瓶上应标上“空瓶”；已用部分气体的气瓶，应把剩余压力写在瓶身上；向库房退回未使用的气瓶，应标上“满瓶”。

b）防止气瓶受热

① 不得将气瓶靠近热源。安放可燃、助燃气体气瓶的地点周围 10m 范围内，不应进行有明火或可产生火花的作业。

② 气瓶在夏季使用时，应防止暴晒，气瓶瓶壁以不超过 60℃为宜。

③ 冬期瓶体冻结时，应把气瓶移到比较温暖的地方，用温水解冻。严禁用温度超过 40℃的热源对气瓶加热。

④ 盛装易于自行聚合反应或分解的气体的气瓶，应避开放射性射线源。

c）加强维护

① 经常保持气瓶上油漆完好，漆色脱落或模糊不清时，应按规定重新漆色。

② 严禁敲击、碰撞气瓶，严禁在气瓶上进行电焊引弧，不准用气瓶做支架。

四、常用气瓶的安全使用要点

（1）氧气瓶

a）严禁接触和靠近油物及其他易燃品，严禁与乙炔等可燃气体的气瓶混放一起或同车运输，必须保证规定的安全间隔距离。

b）不得靠近热源和在阳光下暴晒。

c）瓶内气体不得用尽，必须留有 0.1 MPa～0.2 MPa 的余压。

d）瓶体要装防震圈，应轻装轻卸，避免受到剧烈振动和撞击，以防止因气体膨胀而发生爆炸。

e）储运时，瓶阀应戴安全帽，防止损坏瓶阀而发生事故。

f）不得手掌满握手柄开启瓶阀，且开启速度要缓慢；开启瓶阀时，人应在瓶体一侧且人体和面部应避开出气口及减压器的表盘。

g）冬期瓶阀冻结时，可用热水加热解冻，严禁敲击和火焰加热。

h）氧气瓶的瓶阀及其附件不得沾油脂，手或手套及工具上沾有油脂后，不得操作氧气瓶。

（2）乙炔瓶

a）不得靠近热源和在阳光下暴晒。

b）必须直立存放和使用，禁止卧放使用。

c）瓶内气体不得用尽，必须留有 0.1 MPa～0.2 MPa 的余压。

d）瓶阀应戴安全帽储运。

e）瓶体要有防震圈，应轻装轻卸，防止因剧烈振动和撞击引起爆炸。

f）冬期瓶阀冻结，严禁敲击和火焰加热，只可用热水加热瓶阀解冻，不许用热水或蒸汽加热瓶体。

g）必须配备减压器方可使用。

（3）液化石油气瓶

a）不得靠近热源、火源和暴晒。

b）冬期气瓶严禁火烤和沸水加热，只可用 40℃以下温水加热。

c）禁止自行倾倒残液，防止发生火灾和爆炸。

d）瓶内气体不得用尽，应留有一定余气。

e）禁止剧烈振动和撞击。

f）严格控制充装量，不得充满液体。

第十三章　发电设备安装工程安全生产技术

第一节　发电设备的分类

用于大中型火电厂汽轮机的类型很多，为了便于选用，常按热力过程特性、工作原理、新蒸汽参数、蒸汽流动方向及用途等对其进行分类。

一、按热力过程特性分类

1. 凝汽式汽轮机

进入汽轮机的蒸汽，除很少一部分泄漏外，全部排入凝汽器，这种汽轮机称为纯凝汽式汽轮机。在现代汽轮机中，多数采用回热循环。此时，进入汽轮机的蒸汽，除大部分排入凝汽器外，尚有少部分蒸汽从汽轮机中分批抽出，用来回热加热锅炉给水。这种汽轮机称为有回热抽汽的凝汽式汽轮机，简称凝汽式汽轮机。

2. 背压式汽轮机

排汽压力高于大气压力的汽轮机称为背压式汽轮机。其排汽可供工业或采暖使用，当其排汽作为中、低压汽轮机的进汽时，称为前置式汽轮机。

3. 调节抽汽式汽轮机

在这种汽轮机中，部分蒸汽在1种或2种给定压力下抽出对外供热，其余蒸汽做功后仍排入凝汽器。由于用户对供汽压力和供热量有一定要求，需对抽汽压力进行调节(用于回热抽汽的压力无需调节)。因而汽轮机装备有抽汽压力调节机构，以维持抽汽压力恒定。

4. 中间再热式汽轮机

新蒸汽经汽轮机前几级做功后，全部引至加热装置再次加热到某一温度，然后再回到汽轮机继续做功。这种汽轮机称为中间再热式汽轮机。

二、按工作原理分类

1. 冲动式汽轮机

按冲动作用原理工作的汽轮机称为冲动式汽轮机。在近代冲动式汽轮机中，蒸汽在动叶内有一定程度的膨胀，但习惯上仍称为冲动式汽轮机。

2. 反动式汽轮机

按反动作用原理工作的汽轮机称为反动式汽轮机。近代反动式汽轮机常用冲动级或速度级作为多级汽轮机的第一级来调节进汽量，但习惯上仍称为反动式汽轮机。

3. 混合式汽轮机

由按冲动原理工作的级和按反动原理工作的级组合而成的汽轮机称为混合式汽

轮机。

三、按新蒸汽压力分类

1. 低压汽轮机：新蒸汽压力为 1.2 MPa～2 MPa；
2. 中压汽轮机：新蒸汽压力为 2.1 MPa～8 MPa；
3. 高压汽轮机：新蒸汽压力为 8.1 MPa～12.5 MPa；
4. 超高压汽轮机：新蒸汽压力为 12.6 MPa～15.0 MPa；
5. 亚临界汽轮机：新蒸汽压力为 15.1 MPa～22 MPa；
6. 超临界汽轮机：新蒸汽压力为 22.12 MPa 以上。

第二节　汽轮发电机组安装

汽轮发电机组是将蒸汽的热能转变为转子旋转的机械能带动发电机发电的设备，汽轮发电机组设备的安装包括汽轮机本体安装、发电机本体安装和汽轮发电机组辅助设备安装。辅助设备包括凝汽器、除氧器、各种热交换器、油箱、抽汽器和泵类设备等。

一、汽轮机本体安装

汽轮机本体安装的主要程序是：基础检查、放线和垫铁布置；台板与轴承座安装；汽缸安装；轴承安装；转子安装；喷嘴组和隔板安装；汽封通流部分间隙检查与调整；推力轴承安装；汽缸扣大盖；轴承扣盖和盘车装置安装。

（一）基础检查、放线和垫铁的布置

1. 汽轮机基础的检查

（1）基础表面应平整、无露筋、裂缝、麻蜂窝等现象。

（2）基础上预埋铁件的位置、基础的纵横中心线和标高均符合设计规定，预埋件应齐全不漏件，平直不歪斜。

（3）地脚螺栓孔的垂直度沿螺栓孔全长允许偏差不大于 $L/200$，且小于 10 mm（L 为地脚螺栓长度）。

2. 基础放线

（1）纵向中心线：按设计图纸，拉钢丝（钢丝直径 0.5 mm～0.6 mm）放出机组纵向中心线。

（2）横向中心线：以纵向中心线为基准，放出前台板、台后板、轴承座、排气口（或凝汽器）、发电机和励磁机的横向中心线。

（3）用水准仪测量并记录基础沉陷观测点的标高，作为原始记录，以便检查今后基础下沉的情况。

3. 垫铁布置

基础检查合格后，混凝土强度达到 70％以上时，便可开始机组的安装。首先根据制造厂提供的垫铁布置图，按实际情况在基础上划出垫铁的位置。

布置垫铁时应遵循以下原则：

(1) 垫铁上的负荷不应超过 4.0 MPa。

(2) 相邻两块垫铁间距离：小型台板为 300 mm 左右，大型台板可达 700 mm。

(3) 安置垫铁位置的基础表面应进行凿平，用手撬垫铁时不晃动，并用水平尺校正垫铁，使纵、横向大致水平。垫铁与基础的接触应良好，用 0.05 mm 塞尺检查时应不能插入。一般每组垫铁不超过 3 块(个别情况不超过 5 块)，采用“一平二斜”配置。每组垫铁高度宜在 65 mm～80 mm 范围内，并配合 0.05 mm 塞尺检查，各垫铁组配制好后，应作好编号，以便安装时对“号”入“座”。

(二) 台板、轴承座的安装

此时的台板找正，仅仅是初步的，因为机组最终的找正找平是以汽缸为准。而基础台板的水平并不能保证汽缸及轴承座的水平，因此，台板的找正最好是与轴承座组合找正。

1. 台板安装

台板安装前，应除去台板上油漆、毛刺，并打扫干净。单独找正台板时，可用水平仪和大平尺找平，将大平尺放在台板上，并分别将大平尺及水平仪掉转 180°进行测量 4 次，取其平均值。

2. 轴承座安装

轴承座通常是与台板组合一起进行找正，使其纵、横向中心位置与基础纵、横中心位置重合。轴承座可用拉钢丝和激光准直仪找正。轴承座横向水平偏差不应超过 0.20/1 000；纵向水平与转子轴颈扬度基本符合。台板、轴承座就位后，台板与垫铁、垫铁与垫铁之间要求用 0.05 mm 塞尺不能插入。若局部有塞入，则塞入部分深度不得大于正方体垫铁边长的 1/4。垫铁间每 25 mm×25 mm 按接触 3～5 点的面积应达到 75%以上，并均匀分布。

台板和轴承座就位后，将台板地脚螺栓拧紧，在各滑动面的承力面上均匀的涂上一层鳞状黑铅粉，纵销滑动面上抹上一层二硫化钼，座架四周用胶布密封，以防杂物进入。

3. 滑销系统的检查

汽轮机的滑销系统用来保证汽轮机受热时，为了使汽缸在纵、横向的膨胀能按一定的方向自由膨胀，并且汽缸中心和转子中心不发生任何偏移，避免机组因膨胀不均而影响正常运转，在汽轮机组中心设置了滑销系统。

滑销系统一般由纵销、横销、立销和角销组成，如图 13-1 所示。纵销是沿汽中心线装在前轴承座和两个低压缸台架与台板之间，使汽缸在纵向只能沿纵销前后移动，保证汽缸在运行中受热膨胀时中心线位置不发生偏移。高压缸和低压缸均设有横销。横销的作用是引导汽缸的横向膨胀，汽轮机的纵销与低压缸上横销两者中心线的交点称做汽轮机的死点，汽缸只能以死点为中心线向前后左右膨胀。

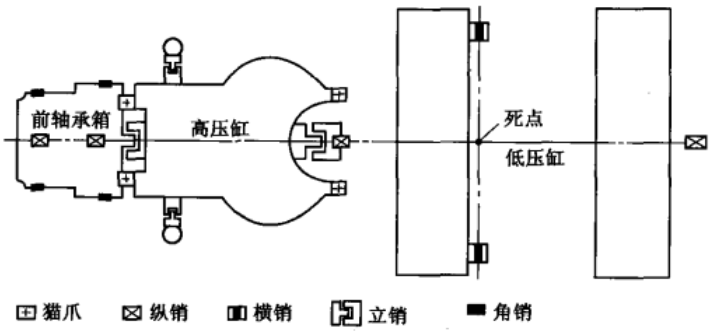


图 13-1　汽轮机的滑销系统

高压缸横销设置在两对猫爪上，并设有压板。猫爪和横销以及猫爪和压板之间均留有 0.04 mm～0.8 mm 的间隙，如图 13-2(a)、(b)所示。在前轴承座、高压缸之间和高压缸、低压缸之间，均设有立销，使轴承座、高压缸、低压缸之间保持正确轴向位置，从而保证汽缸洼窝中心线和汽轮机转子中心线一致。立销两侧留有 0.04 mm～0.05 mm 的总间隙，如图 13-2(c)、(d)所示。在前轴承座和台板之间高有角销。角销的作用是保证前轴承座在台板上作纵向滑动时不致脱离台板而翘起。图 13-2(e)、(f)分别为角销和纵销、横销的安装要求。为了使低压缸膨胀时，既不卡涩又不跳动，在低压缸搁脚与台板之间装有联系螺丝。安装时，螺丝头与汽缸搁脚两端面之间应留有 0.1 mm 间隙，螺丝与螺孔的两侧间隙 a 和 b 应满足机组热膨胀的要求，如图 13-3 所示。

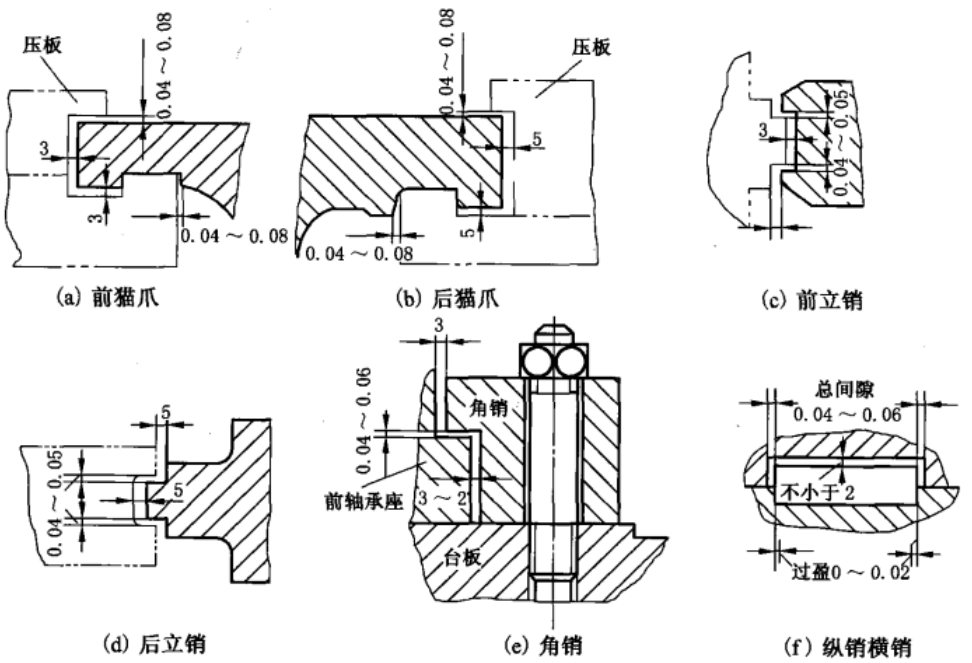


图 13-2　汽轮机的滑销

对于纵销，测量时至少测量两端及中间 3 点，3 点尺寸差≤0.03 mm。对于角销，如图 13-4 所示，沿角销全长 a 值应均匀相等。将角销沿台板向后移 5 mm～8 mm，再次测

量 a 值应保持不变，否则修刮 A 或 B 面。

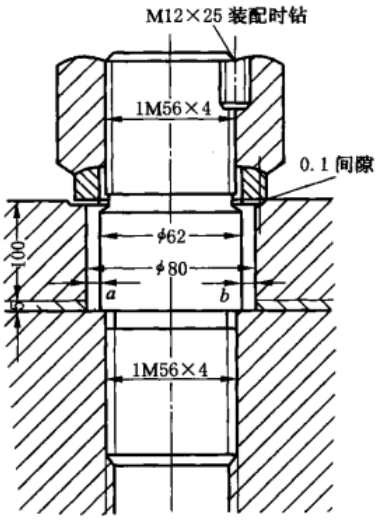


图 13-3　低压缸搁角与台板间的联系螺丝

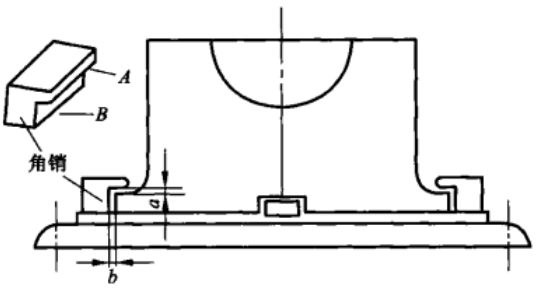


图 13-4　轴承座的角销

（三）汽缸安装

轴承座安装后，即可安装汽缸。汽缸安装前应对汽缸进行检查和组合。

1. 低压缸安装

低压缸安装前，将其台板调整到安装设计标高，下缸就位后，应仔细地测量和调整其轴向位置，然后对其进行找正、找平工作。首先选排汽缸的一角为其准点，将其调整到设计标高，找平时也以此点为准。低压缸的找中心与找平工作结合起来进行。用千斤顶调整汽缸左右位置，用台板下的垫铁来调整汽缸水平。

2. 高压缸的安装

高压缸一般是通过猫爪支承在轴承座上，在轴承座找平找正后，高压缸即可就位。高压缸安装前，取下猫爪横销，先安装垫片，待下汽缸接近安装位置时，装上锚爪横销。汽缸就位后，用合像水平仪检查高压缸水平接合面的水平情况，并将汽缸的横向水平调整到倾斜度不超过 0.2/1 000，汽缸的纵向水平应在转子的安装扬度调整好后，以汽缸两端轴封洼窝中心为准，对转子找中心，决定汽缸的纵向水平。但在转子尚未吊装到汽缸之前，可随轴承标高的调整，对汽缸的纵向水平作初步的调整。

3. 汽缸负荷分配

汽缸负荷分配的目的是检查和调整台板或承力面的负荷，即要求台板的实际负荷与设计负荷要相符。负荷分配的常用方法有猫爪垂弧法和测力计法 2 种。

采用猫爪垂弧法进行汽缸负荷分配时，应以合空缸的形式进行，一般左右允许偏差值不应大于 0.10 mm；用测力计对汽缸进行负荷分配时，一般在汽缸中心线两侧对称位置的负荷差应不大于两侧平均负荷的 5%。

（四）轴承的安装

轴承座安装找正找平后，转子就位前应进行轴承安装。轴承安装前应对轴瓦进行预

检，轴承各水平结合面应接触良好，用 0.05 mm 塞尺检查应塞不进。轴瓦的球面与球面座的结合面必须光滑，其接触面在每 1 cm^2 上有接触点的面积应占整个球面的 75%，并均匀分布。

对于带垫块的轴瓦或瓦套的安装，如图 13-5 所示，两侧垫块的中心线与垂线间的夹角 α 接近于 90°时，无论转子是否压在下瓦上，3 处垫块与其洼窝均应接触良好，用 0.05 mm塞尺应塞不入，如两侧垫块出现间隙，则应在下瓦不放入转子的状态下，使两侧垫块无间隙，下侧垫块其洼窝的接触应较两侧为轻或有 0.03 mm～0.05 mm 的间隙。

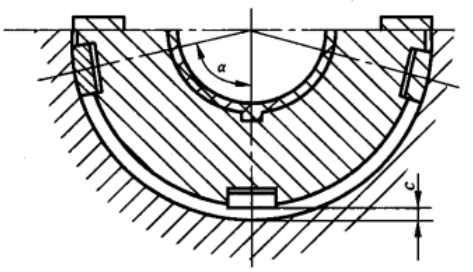


图 13-5　下瓦垫块间隙示意图

轴承的轴瓦顶间隙和侧间隙应符合设备技术文件的规定，测量的方法可采用压铅法。

（五）转子的安装

1. 转子安装前检查

转子安装前应做好转子表面清理，用木质或竹片去除转子上的防锈油，并以煤油擦拭，面粉粘干。重点检查转子上有无碰伤、腐蚀、划痕，特别是轴颈和叶片。平衡重块、中心丝堵、销、键等有无松动。转子外观检查后，用外径千分尺测量轴颈的锥度和椭圆度，其偏差值不应大于 0.02 mm。

2. 转子的吊入

（1）用专用工具按规定的绑扎位置（轴颈禁止绑扎），将转子置于水平状态。

（2）转子吊入前，在轴瓦上浇上干净的润滑油。转子吊入后，盘动转子，检查转子是否有卡涩和碰磨现象。

3. 转子就位后的测量检查

（1）转子的晃度：转子轴颈的晃度是指由于轴颈加工时的误差，造成转子轴颈外圆不同心所形成的椭圆度。转子各单位的晃度值见表 13-1。测量转子晃度时，将千分表固定在轴承的接合面上，将轴颈的圆周分成 8 等分，千分表触头垂直轴颈表面，并逆着转子的旋转方向顺序编号，取最大读数与最小读数之差即为晃度。

表 13-1　转子晃度允许偏差值

部　　位	允许偏差/mm	备　　注
轴颈	0.02	
联轴器	0.02	联轴器法兰上外圆或内圆
轴套	0.05	

（2）端面瓢偏度：转子各部位的端面瓢偏度见表 13-2。测量转子各端面瓢偏度时，在所测部位直径相对 180°的方向上各装设一个千分表，千分表的指针应垂直于端面，端面瓢偏度应为两千分表读数差的最大值减两千分表读数差的最小值的一半。

表 13-2　端面瓢偏度允许值

部　　位	允许偏差/mm	备　　注
推力盘	0.01/1 000	推力盘边缘
叶轮	按出厂记录	
(钢性)联轴器法兰端面	0.02	

(3) 转子弯曲度：在转子轴的同一纵向断面上的不同位置处装设千分表，测量时将转子圆周分为 8 等分，盘动转子，记录各千分表读数。每个测点有 8 个测点值，即该断面有 4 个方向弯曲值(对称点读数差的一半)，把同一纵断面的弯曲值画制成弯曲曲线，在 4 条曲线中取最大的一个弯曲值即为转子的弯曲度。最大弯曲值应于制造厂数据基本相符，六级以上的套装叶轮转子中部最大弯曲度应不大于 0.06 mm。

4. 转子扬度配置方式

汽轮机各转子和发电机转子应由联轴节连接成一条平滑的连续曲线。转子扬度的配置要求是：单缸机组[图 13-6(a)]，则汽轮机转子后轴颈扬度 δ_2 为零；双缸机组[图 13-6(b)]，低压转子的后颈扬度为零；三缸机组[图 13-6(c)]，使低压转子为水平，即 $\delta_1=\delta_2$，低压转子前后轴颈应分别向前后扬起；四缸机组[图 13-6(d)]，则使前一个低压转子的后颈扬度 δ_2 为零。

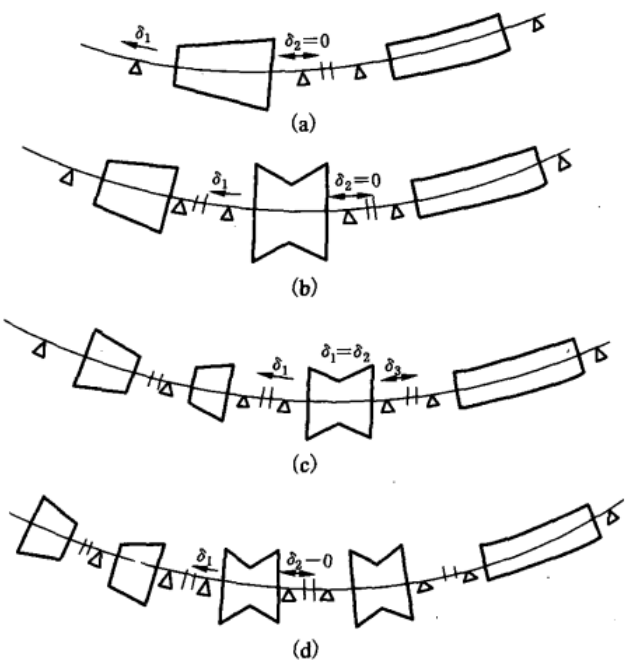


图 13-6　转子按扬度的配置方式

5. 转子按轴封洼窝找中心

目的是使转子中心线与轴封洼窝中心之间保持一个相对位置，两中心在机组运行时保持一致。转子按汽封洼窝找中心的方法较多，现场一般采用带千分螺旋的内径千分尺和现场特制套箍配合塞尺的方法。转子按汽封洼窝找中心的方法较多，现场一般采用带

千分螺旋的内径千分尺和现场特制套箍配合塞尺的方法。转子按汽封洼窝找中心的洼窝测量位置一般以汽缸前、后汽封或油挡洼窝为准。

转子按汽封洼窝找中心时一般在常温状态下进行，与转子在热态运行时转子的中心有所变化。因此，在常温下转子找中心时，应考虑汽缸垂弧、猫爪支承形式和尺寸大小、轴承油膜厚度和凝汽器对转子找中心的影响。在机组运行中猫爪温度高于轴承座温度，使轴封洼窝中心抬高，安装时，应把汽缸洼窝中心适当放低。转子运转时，轴承油膜厚度使转子轴颈托起，浮在油膜上转动，安装时，应适当加大轴封洼窝内沿转子旋转方向的间隙。

6. 转子按联轴器找中心

通过 2 个联轴器外圆同心和保持端面平行，使汽轮发电机各转子的中心线能通过联轴器连接为一根连续的曲线。

联轴器找中心一般采用双表测量，用 2 只表测量端面，1 只表测量圆周(径向)，双表找中的目的是消除晃动度、瓢偏度以及转子转动时轴向串动对测量的影响。在测量过程中应注意表头接触处必须是精加工面，两联轴节应按标号对齐，然后将两联轴节用螺栓连接在一起，但不要拧紧，使两转子呈自由状态，并且找端面的两只表必须对称。

联轴器找中心时的调整，可通过抬高或降低轴承高度和调整轴瓦垫片等方法来达到联轴器对中，具体的调整方法可查阅相关方面的书籍。联轴器中心允许偏差应符合设备技术文件的规定。

联轴器找中心与转子按汽封洼窝找中心一样，存在转子热态和冷态时中心的变化。所以，联轴器找中心时，应考虑轴承座垂直方向的热膨胀、轴承油膜厚度、凝汽器和转子带负荷时温度升高对联轴器找中心时的影响。

(六) 喷嘴组和隔板的安装

1. 喷嘴组的安装

喷嘴组安装应在扣大盖之前进行。喷嘴组安装前应进行试装，用涂色法检查喷嘴组两侧与喷嘴室环形槽以及喷嘴组密封键的接触情况。安装时，应用黑铅粉及二硫化钼擦拭喷嘴及槽道，装好后应打入稳钉，并用电焊焊牢，然后封闭喷嘴的蒸汽入口和出口，以防发生杂物进入喷嘴。

2. 隔板的安装

隔板安装时，隔板的中心应与转子的中心保持一致，并留有适当的轴向和径向间隙以保证隔板受热时能自由膨胀。隔板找中心一般采用拉钢丝(钢丝直径不超过 0.40 mm)找中心的办法，拉钢丝测量时，应对钢丝垂弧进行修正。通过调整隔板挂耳下部垫厚度(不允许超过 3 片)来调整隔板中心高低位置；通过调整隔板或隔板套下部纵销来调整隔板中心左右位置。隔板、隔板套、汽缸间的各部间隙应符合图纸的规定。

(七) 汽封部分的检查和调整。

1. 轴封及隔板汽封。汽轮机的汽封有轴端汽封、隔板汽封、根叶汽封和叶顶汽封等。通过对轴封和隔板汽封的径向间隙的检查和调整，以此保证汽轮机动静部分不发生碰擦情况下，达到最小的漏汽量。

汽封套的安装是以转子中心为准，通过改变挂耳与中分面之间的垫片厚度或修锉挂耳的

承力面可以调整汽封套中心的高低位置；修锉或补焊底销两侧面，可调整汽封中心横向位置。

汽封左右两侧间隙可用塞尺进行测量。塞尺插入深度为 20 mm～30 mm，塞尺不得超过 3 片，且用力应均匀；上下径向间隙用压铅丝或贴胶布的方法进行测量。汽封径向间隙应符合制造厂的规定。

2. 通流部分。汽封通流部分间隙主要是端部汽封轴向间隙，测量时，一般应组合好上下半推力轴承，转子处在推力瓦工作面承力的位置。轴封间的调整可通过调整汽封套的轴向调整环。如果没有调整环时，可直接对端面一侧进行修刮，修刮后的另一侧加垫片并用小螺丝固定。

水平中分面两侧通汽部分间隙可用塞尺进行测量，低压部分个别太大的间隙可配合块规进行测量；上下部分的轴向间隙（包括复速级）采用推拉转子的方法进行测量，推动转子时用力不宜过猛。

（八）推力轴承的安装

为了承受转子的轴向推力和保持转子与汽缸的相对位置，汽轮机均装有推力轴承。推力轴承有综合式和单置式 2 种，当汽轮机转子的安装扬度确定，并按轴封洼窝找好中心以后，便可进行推力轴承的安装。

推力轴承安装的主要要求是推力瓦的合金与推力盘的接触应均匀，推力轴承球面座装配紧密及推力轴承间隙正确等。推力轴承在轴承座里要装配紧密，使运行中的串轴数量值尽量减小，以确保正常运行的安全。推力间隙的测量是在推力轴承全部装配完毕的状态下进行的。

综合式推力轴承的推力间隙一般为 0.25 mm～0.50 mm。综合式推力轴承用改变非工作瓦块安装环后的调整垫环厚度来调整。单置式推力轴承用改变固定环的厚度来移动工作侧和非工作侧瓦壳的位置进行调整。

（九）汽轮机扣大盖

汽轮机扣大盖前，应按设备技术文件的规定完成各项扣大盖前的准备工作，扣大盖前应先进行试扣。

扣大盖前，应用压缩空气对上缸内部及其接合面吹扫干净。汽缸水平结合面上的涂料，应在上缸扣至接近下缸时涂抹，此时应将上缸临时支垫好，确保安全，涂料应均薄，厚度一般为 0.50 mm 左右，在上下缸水平结合面即将闭合而吊索尚未放松时，应将定位销打入汽缸销孔。扣大盖工作从内缸吊装第一个部件开始至上缸就位，全部工作应连续进行，不得中断。

汽缸水平结合面螺栓有冷紧和热紧，一般对于 M52 以下的螺栓采用冷紧即可；对于 M52 以上的螺栓由于所需的拧紧力矩较大，一般都是先进行冷紧，然后再进行热紧。

冷紧时，冷紧顺序一般应从汽缸中部开始，按左右对称分几遍进行紧固。对所有螺栓每一遍的坚固程度应相等，冷紧后汽缸水平结合面应严密结合，前后轴封处上下汽缸不得错口，冷紧力矩一般为 1 000 N·m～1 500 N·m（小值用于直径较小的螺栓）。冷紧时一般不允许用大锤等进行撞击，可用扳手加套筒延长力臂或用电动、气动、液压工具紧固。

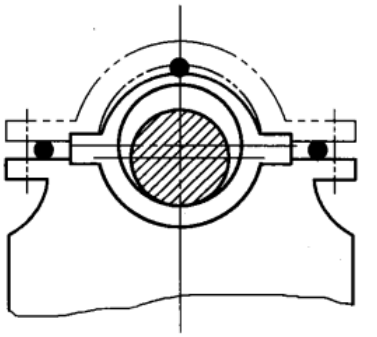
热紧时，螺栓的热紧值应符合制造厂要求，当用螺栓伸长值进行测定时，应在螺栓冷

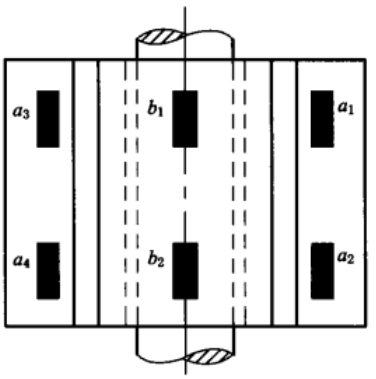
紧后记下螺母和螺杆的相对尺寸，以便加热后再测；如用螺母转动弧长测定时，则应在汽缸上标出各螺母热紧后的旋转位置。

加热工作应使用专用工具，使螺栓均匀受热，尽量不使螺纹部位直接受到烘烤。热紧螺栓应按制定的顺序进行，加热后一次紧到规定值，如达不到规定值不应强力猛紧，应待螺栓完全冷却后重新加热再行拧紧。

（十）轴承扣盖和盘车装置安装

1. 轴承扣盖。轴承扣盖时，应对轴瓦紧力进行测量。轴承盖应严密地压住轴瓦，并有一定的紧力。如图 13-7 所示，轴瓦紧力(c)的测量一般采用压保险丝法，但不得与轴瓦间隙同时测取。压保险丝时，为限制铅丝的压缩量和防止压偏，可在轴承座接合面四角放置适当厚度的垫片，垫片应平整，垫片的厚度约为铅丝直径的 60%～70%。轴承油挡间隙采用塞尺检查，其间隙值应符合表 13-3要求。





$c=1/4(a_1+a_2+a_3+a_4)-1/2(b_1+b_2)$

图 13-7　轴瓦紧力的测量

表 13-3　轴承油挡间隙

油挡部位		间隙/mm
轴瓦和轴承座上的油挡间隙	上部	0.2～0.25
	两端	0.10～0.20
	下部	0.05～0.10
综合推力轴承前端钨金油挡	上部	接近支持轴瓦顶部间隙各为上、下间隙的平均值 0.20 左右
	两端	
	上部	
推力盘的油挡	上部	1.00～1.50
	两端	0.70～0.80
	上部	0.30 左右

2. 盘车装置的安装。汽轮机起动前和停机后一段时间，需要开动盘车装置，使转子转动，以防转子因上下部分受热不均而产生弯曲。盘车装置安装时，应对齿轮传动部分、润滑和轴承部分进行检查，安装后手盘应轻便。

二、发电机安装

发电机安装的主要工序如下：基础验收、安放垫铁、台板就位及找正、空气冷却系统安装、定子就位初步找正、发电机穿转子、以汽轮机联轴器为准进行找正中心、调整发电机空

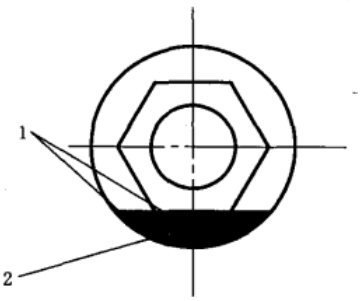
气间隙及磁场中心、联轴器最后找正及连接、励磁机安装、氢冷或水冷系统设备及管道安装。

（一）台板安装

发电机的基础处理、垫铁配置、垫铁与垫铁和垫铁与台板间的接触情况与汽机本体相同，这里只强调如下几点：

1. 机组在初运行一段时间后，会因基础沉降引起联轴器中心及发电机空气间隙变化，因而发电机安装时，定子及轴承座下部都应垫有其总厚度不小于 5 mm 的整张钢质调整垫片。

2. 由于固定台板地脚螺栓帽在定子机座下面，定子就位后无法旋紧螺母，因此，台板找正找平后，应将地脚螺栓穿入台板的螺孔中，将螺母拧紧至满扣后，在螺母与螺杆及螺母与台板间进行点焊，并加半圆形钢板，如图 13-8 所示。台板就位后，其纵、横向中心线、标高与设计值的允许偏差应在±0.1 mm 之间。



1—点焊位置；2—半月形钢板

图 13-8　固定地脚螺栓丝示意图

（二）定子安装

发电机台板找平后，即可安装发电机定子。定子是汽轮发电机组最重要的机件，吊装前必须有经过批准的吊装技术方案和安全措施。定子就位一般采用机房行车吊装，若定子的重量超过行车的额定起重能力，应对行车设备和建筑结构采取加固措施。新安装的行车必须按起重机械验收规程的要求，对行车进行空载、静载和动载试验，试验合格后方可用于起吊定子。

（三）转子的安装

转子安装前，应配合有关人员，完成转子在机务、电气和热工仪表的各项工作。发电机穿转子的方法很多，如接轴法、滑块法和小车法等方法，具体方法应结合设备重量和现场具体情况考虑。不论采用哪种方法，穿转子时都应必须注意以下几点：

1. 吊装转子时使用的工具，一般为制造厂提供的专用工具。起吊转子时，钢丝绳不得绑扎在轴颈、风挡、油挡以及大小护环等处，并注意钢丝绳切勿与风扇、集电环等碰擦。为防止损伤转子表面，钢丝绳绑扎处应垫以软性材料。

2. 转子穿入定子过程中，应防止转子或钢丝绳碰撞定子线圈。起吊转子时要保持水平，穿入时要保持平稳，当移动钢丝绳绑扎点时，必须在转子支撑好后进行，不可将转子直接压在定子上。

3. 当后轴承座挂在转子上一起就位时，发电机转子穿装完毕后，应打开后轴瓦上半，将轴瓦内临时固定用的垫片取出。

（四）发电机空气间隙和磁场中心的测量和调整

发电机转子和定子的空气间隙和磁场中心的调整，是在汽轮发电机联轴器找中心后进行的。发电机空气间隙的测量方法一般采用自制铁丝弯制而成的测量工具。通过移动

定子的方法来保证空气间隙均匀一致，要求发电机空气间隙在同一断面气隙的平均值之差为气隙平均值的10%以内，最大不应超过1 mm。空气间隙测定的位置应在发电机两端选择同一断面的上、下、左、右固定的4点位置进行。

发电机定子与转子磁场中心的调整，应使发电机在满载热态下两者吻合并符合下列规定：

定子相对于转子的磁力中心，应向励磁机侧偏移一预留值(D)，一般按下式计算：

$$D=\Delta L/2+B$$

式中 ΔL——发电机转子满负荷运行时的热胀伸长量，一般按发电机转子两轴颈中心线1/1 000计算；

B——汽机转子靠背轮处的绝对伸长量，mm(一般厂家提供)。

发电机磁力中心预留偏移值的允许偏差一般应不大于10 mm。

(五) 发电机轴承、励磁机及冷却系统安装

发电机轴承的安装方法和要求同汽轮机轴承安装相同。励磁机及水冷系统的安装按设备技术文件的规定进行。

三、调速保护系统的安装

无论哪种类型的汽轮机均设有转速自动调节系统和各种保护装置，如超速保护、轴向位移保护及低压保护等。它们在汽轮机转速、轴向位移及供油压力等超出安全范围时，能够自动切断汽轮机进汽，从而停止设备运转。

(一) 调速保护系统

调速保护系统有旋转阻尼液压调速系统和机械液压式调速系统及保护装置。安装调速保护系统时，对设备各部分进行的检查、解体、清扫、组装和调整，应严格按设备制造厂方的图纸要求进行。由于调速保护系统直接关系到机组的正常运行，因此，在安装时应做到：

1. 拆卸调速系统各部件前，必须根据图纸和说明书了解设备结构及拆装程序，不可盲目拆卸。

2. 部件装配时，进出油口相对位置必须准确，装配后，滑动应灵活无卡涩。

3. 调速系统部件用管路拆卸后应清理干净，所有油路及排气孔均应畅通，清理组装好的部件要临时密封。

(二) 油系统的安装

油路系统的作用是供给调速、保安和轴承润滑系统的高、低压油。油系统由主油泵、起动油泵、润油泵、顶轴油泵、油箱、注油器、冷油器、滤油器、过压阀及低压油发讯器等设备组成。

油系统的安装主要是设备和油管路的安装。主油泵安装时，对于带有高速离心调速器的主油泵，必须根据制造厂的规定，严格控制主油泵的推力间隙，油箱安装时，油位计必须装在便于监视的位置。汽动辅助油泵安装时，要着重检查叶轮与泵壳间隙、油泵轴承间隙、叶片和机壳径向间隙等。注油器安装时，应仔细检查喷嘴的扩压管。冷油器安装前，

先进行水压试验。油管内臂应进行清理，清理完毕应喷涂润滑油，以防锈蚀，喷油后管口应严密封闭。高压油系统的法兰平面应进行研刮。安装后的油管路，必须达到系统正确，油路畅通，无渗油、漏油现象，管路应无振动。

四、汽轮发电机组的调整、启动和停机

（一）辅机分机试运转及管路冲洗

各辅机的试运转按设备技术文件的规定进行。试运时间一般连续运行 4 h～8 h。

1. 给水管路冲洗：低压给水管路指自除氧器至给水泵进口的管路系统。冲洗前，将给水泵进口处拆开，接上临时排水管，用除氧水箱的水分别对每台泵的入口及低压给水管进行冲洗。冲洗时，水泵入口处加临时滤网。

2. 高压给水管道的冲洗：事先接好临时管子，除氧器备足水源。当确定管路系统正常后，按冲洗程序，开启或关闭各阀门进行冲洗至水质透明。

3. 蒸汽管路的吹洗是保证汽轮机安全的一项重要措施。吹管前应先暖管，暖管蒸汽压力为 0.3 MPa～0.5 MPa，温度 120℃，暖管时间 1 h～2 h，暖管时，对所有法兰的连接螺栓进行一次热紧。吹管可采用稳压法或降压法联合进行。降压法吹管时，要求吹管动量系数＞1；吹管流量为锅炉额定流量的 40%～60%；吹管连续时间为 20 min～25 min，每次吹管冷却时间为管壁温度冷却到 100℃以下所需要的时间。以连续 2 次靶板以上冲击斑痕粒度不大于 0.8 mm 且斑痕不多于 8 点时，吹管即为合格。

（二）真空系统严密性试验

对凝汽器的汽侧、低压缸的排汽部分以及当空负荷时处于真空状态下的辅助设备与管道，应灌水进行真空严格性检查。

灌水用化学水，一般灌水高度在汽封洼窝以下 100 mm 处。灌水检查时，下列各部位应无泄漏。

1. 所有处于真空状态的容器、管道、阀门、法兰结合面、焊缝、堵头、插座和接头等；
2. 凝汽器和加热器的水位计；凝结水泵和加热器疏水泵的法兰。
3. 与真空系统连接的阀门、疏水器及 U 形水封管的外露部分等。
4. 凝汽器铜管及其胀口、与凝汽器连续的排汽缸接口的疏水扩容器及其他设备。

（三）油循环

油循环的方法很多，应根据安装具体情况进行选择。一般按下列程序及要求进行：

1. 油循环用油应使用符合制造厂要求的并经化验符合国家标准的汽轮机油。
2. 首先冲洗主油箱、储油箱、油净化装置之间的油管路。
3. 在油循环初期，轴承进油口不进油，当油已达到一定清洁度后，在各轴承进油管上加装不低于 100 目的临时滤网。
4. 将保安部套的压力油管与部套断开，直排油箱或将其油管短路连续进行冲洗。
5. 冲洗时可使交、直流 2 台润滑油泵同时投入运行冲洗，必要时备用泵也投入冲洗以加大系统流量。冷油器应经常交替循环，循环过程中应经常将过滤网拆下清洗。
6. 油冲洗温度宜交变进行，高温一般为 75℃左右，但不得超过 80℃，低温为 30℃以

下，高、低温度各保持 1 h～2 h，交替变温时间约 1 h。

7. 油循环结束后，应将所有的临时设施拆除，并恢复到正常状态。油冲洗合格标准应符合设备技术文件的规定。

（四）调节系统和自动保护装置的调整和试验

调节系统的静态特性试验包括静态特性和动态特性试验，其目的是测定调节系统的静态特性曲线、速度变动率、迟缓率以及动态特性等。静态特征是通过静止调整试验、空负荷试验和带负荷试验来测定。

1. 汽轮机启动前调节系统静态特性试验和自动保护装置的试验

（1）机组在静止状态下的静态特性（对于全液压系统）是同步器在不同行程的一次油压与二次油压的关系，二次油压与各油动机行程的关系和油动机行程与调节汽门开度的关系，使之符合制造厂的要求。

（2）自动保护装置的调整和试验

自动保护装置的调整和试验的主要项目和要求：

a）手动危急遮断器脱扣试验和自动主汽门关闭时间试验；

b）磁力断路油门及电超速保护试验；

c）轴向位移和差胀保护试验；

d）低油压保护装置试验和真空保护装置试验。

以上各保护装置动作时，主汽门和各调节汽门油动机应迅速关闭；带调整抽汽的回转隔板应迅速关回到零位，或动作到规定位置；具有联动装置的抽汽逆止阀应迅速关闭，松开跳闸手柄，上述各动作不再返回。主汽门从动作开始到汽门全关时的时间为：100 MW 及以上的汽轮机不应超过 0.5 s；100 MW 以下汽轮机不应超过 0.1 s。

2. 空负荷时调节系统静态特性试验和自动保护装置的试验

（1）机组在空负荷时的静态特性（对于全液压系统）是调整同步器的高低限位置，在不同行程时与转速的关系及转速与一次油压的关系；一次油压与二次油压的关系，二次油压与各油动机行程的关系和油动机行程与调节汽门开度的关系，使之符合制造厂的要求。

（2）自动保护装置的调整和试验

空负荷时自动保护装置试验主要是危急遮断器手动遮断试验、危急遮断器喷油试验、超速和电超速试验。

对于超速试验时，大型机组宜在主蒸汽压力为 40%额定值下进行，试验前，发电机应作好必要的电气试验，带低负荷（额定负荷的 10%）进行 4 h 暖机，然后降到空负荷，与电网解列后进行。超速试验不宜紧接在危急遮断器压出试验后进行，升速时应平稳，先用同步器升到 3 150 r/min，再用超速滑阀升速。超速试验的动作转速应符合制造厂的规定，一般为额定转速的 110%～112%，危急遮断器每个飞锤或飞环应试验 2 次，2 次动作转速关不应超过 0.6%。

3. 带负荷时的试验

带负荷的试验主要有静态特性试验、真空严密性试验和甩负荷试验。

（1）带负荷时的静态特性试验：试验时，尽可能保持主蒸汽参数和真空为额定值，在几个负荷阶段测取油动机行程和负荷的关系，结合调节系统空负荷试验数据做出调节系

统静态特性曲线。

(2) 真空严密性试验：试验时，负荷稳定在额定负荷的80%以上，真空不低于10 kPa，关闭抽气的空气阀，30 s后开始每半分钟记录1次，共记录8 min，取其中后5 min的真空下降值，平均每分钟下降值不大于400 Pa为合格。

(3) 甩负荷试验：试验时，汽轮机的蒸汽参数、真空应为额定值，回热系统应正常投入。甩负荷一般按半负荷和全负荷各甩1次，抽汽供热机组必须先经纯凝汽工况下甩满负荷合格后，然后在最大抽汽流量下甩额定电负荷。

汽轮机甩负荷后，调节系统应能控制转速，不致使危急遮断器跳闸，转速应迅速平稳。

(五) 汽轮机启停

汽轮机组的启停操作及维护，应按制造厂的规定和为本机组制定的运行规定的规定进行。

1. 汽轮机启动前的主要步骤和要求如下：

(1) 启动前的检查：主要是各系统的检查，检查各阀门是否处于启动前的位置。

(2) 暖管升压：主要控制蒸汽压力、温度和温升速度。

(3) 建立真空：建立真空时，向汽封送汽和启动循环水系统。

(4) 启动油泵：启动油泵后，可投入盘车装置。检查各轴承润滑油进、回油情况，并调整各轴承润滑油压至规定压力。

(5) 冲动转子(低速暖机)：冲动转子前，主蒸汽参数应符合规定值，蒸汽过热度不应低于50℃；冷油器出口油温一般不低于35℃；真空值不低于60 kPa。对大型机组，转速升到2 500 r/min以前，油温应提高至42℃～45℃，真空应提高至正常值。

低速暖机一般为额定转速的10%～15%，第一次启动时，应连续盘车不小于4 h，暖机时间应比正常运行规程中所规定的时间为长。

(6) 升速(中速暖机)：升速时，升速速度应根据机组热膨胀、应力和热变形的允许值来确定，当任何一个指标超标时，都应立即停止升速，延长暖机时间。

(7) 并列与接带负荷：机组转速至额定转速，经检查机组一切正常，并完成机组调节、保护和电气试验后，机组即可与电网并列和按规定接带负荷以及满负荷7天7夜(或72 h)试运行。

2. 汽轮机停机的主要步骤和要求

(1) 减负荷：机组减负荷时，应控制汽缸温度及胀差在允许范围之内。在降负荷的过程中，应同时进行以下操作：

a) 停用高压加热器、除氧器、调节凝汽器水位，开大凝结水再循环阀门。

b) 调整轴封供汽，维护真空值。

c) 调整空气冷却器及冷油器的冷却水量，维持正常的发电机风温及冷油器出口油。

(2) 解列：汽轮机负荷减至零时，发电机解列。发电机解列后应密切注意转速的变化，检查变速系统能否维持空负荷运行。

(3) 停机：手动危急遮断器停机，注意自动主汽门和调整汽门关闭情况。

在停机操作中，应注意以下操作：

a) 真空的处理：自动主汽门关闭后，停用抽气器，待转速降至很低时，再破坏真空。

凝结泵在抽气器停用后再停止运行。

b) 轴封供汽：在转速降至 500 r/min、真空降至 300 mmHg～200 mmHg 时，停止向轴封供汽。

c) 惰走时间的测定：从切断发电机励磁、关闭主汽门开始到转子完全静止时所经过的时间为惰走时间，按照转速的降低与时间的关系绘制惰走曲线。

d) 循环水泵的停用：在自动主汽门关闭，汽轮机开始惰走时，可以关闭循环水出门，停下循环水泵，待转子停止转动之后再放水。

e) 盘车：盘车时，保持冷抽器出口油温在 40℃左右，一般先连续盘车一段时间后，再改为定期盘车 180°，盘车时间间隔按制造厂规定执行，待汽缸和转子逐渐冷却下来后，直到汽缸温度降到 150℃以下为止。

第三节　发电设备安装的安全生产技术

一、汽轮机安装施工安全操作技术

1. 在汽轮机安装过程中，台虎钳的钳把不得用套管接长加力或用手锤敲打，所夹工件不得超过钳口最大行程的三分之一。

2. 使用钢锯时工件应夹紧，工件将锯断时，应用手或支架托住。

3. 使用活动扳手时，扳口尺寸应与螺帽相符，不得在手柄上加套管使用。

4. 在同一工作台两边凿、铲工件时，中间应设有防护网。单面工作台应有一面靠墙。操作人员应戴防护眼镜。

5. 2 人在同一工件上进行刮研时，不得对面操作。

6. 检查汽轮机内部时，应使用行灯或手电筒照明，严禁用明火。检查容易倾倒的设备时，必须支撑牢固。检查汽轮机零部件的接合面时，应将吊起的部分支撑牢固。

7. 拆卸的汽轮机零部件应放置稳固。装配时，严禁用手插入接合面或探摸螺孔。

8. 安装作业应在汽轮机平台周围的栏杆装好、孔洞全部盖严后方可开始。

9. 汽轮机平台上的设备应按照施工组织设计的有关规定进行堆放。

10. 汽机房内应保证光线充足、环境整洁。

11. 汽轮机下缸就位后，低压缸排汽口应用临时堵板封严，汽缸两侧应用木板铺满。

12. 在吊起的汽缸下进行清理和涂抹涂料时，应用临时支撑将汽缸支稳后进行。

13. 调整瓦枕垫片应在翻转的轴瓦固定后进行，轴瓦复位时应防止轴瓦滑落。

14. 汽轮机扣盖必须连续进行，不得中断，扣盖人员必须穿专用工作服。

15. 拆卸自动主汽门时，应用专用工具均匀地放松弹簧。

16. 汽轮机转子的起吊应使用汽轮机制造厂家提供并具备出厂试验合格证明的专用横担和索具，否则应进行 200％的工作负荷试验，试验时间为 1 h，无异常现象方可使用。在不使用期间，专用横担和吊索应妥善保管，防止因锈蚀和损伤而降低其安全性能。

17. 汽轮机转子起吊时，转子上吊索的绑扎位置应符合制造厂图纸的规定，绑扎部位应加衬垫或在起吊索具上用柔软材料包缠，禁止绑扎在轴颈上进行起吊，以防打滑或损伤

转子。

18. 汽轮机转子盘动前应通知周围无关人员不得靠近转子。

19. 用行车盘动汽轮机转子时，任何人员不得站在拉紧受力的钢丝绳两侧。

20. 站在汽缸结合面上用手盘动转子时，不得穿带钉的鞋，鞋底必须干净，不得戴线手套。

21. 在平衡台上校汽轮机转子的动平衡时，作业场所应用绳子或栅栏围好，无关人员不得入内。

22. 用皮带拖动汽轮机转子时，应有防止皮带断裂或滑脱的措施。一旦皮带断裂或滑脱，必须待转子停稳后方可重新装上。

23. 用于汽轮机转子盘动试加的重块必须装牢。

24. 在使用水阻装置时，应有防止触电的安全措施。

二、汽轮机安装调试安全操作技术

1. 在汽轮机调试过程中不得在有压力的管道上进行检修操作。

2. 汽轮机的疏水口应有保护遮盖装置。

3. 主油箱灌油前，事故排油管应畅通，事故排油阀、排污阀应关严并加锁。

4. 油系统注油或氢系统投氢后，应划定危险区并挂“严禁烟火”的标示牌。

5. 在氢系统附近动用电焊、气焊时，必须办理动火作业票，经项目总工程师批准，并在测定空气中的氢含量不大于0.4%后方可进行作业。

6. 充氢后，检查氢冷发电机时，必须先将该机的氢系统与氢母管的连通门关严，然后在连通门后加装带尾的堵板，并进行气体置换，应待氢含量低于允许值后方可进入。作业时必须强制通风，通风机及电源开关必须采用防爆型。

7. 汽轮机在试运行中应经常检查油系统是否漏油。严防油漏至高温设备及管道上。

8. 前轴承及油管密集处的下方如有接漏的集油箱，使用前应做灌水试验，使用中应指定专人负责定期检查。

9. 主油箱上的排烟风机必须经常投入运行并定期（至少每星期1次）检查油管和主油箱中的含氢量。当含氢量大于1%时，应查明原因并及时消除。

10. 严禁在投氢或置换时向室内排放氢或二氧化碳。

11. 凡属试运范围内的设备及系统，除当班运行人员根据运行规程进行操作、维护及事故处理外，其他人员一律不准擅自操纵。

第十四章　无损检测安全生产技术

在大中型电力建设工程中无论是锅炉受热面、压力容器、压力管道，还是锅炉钢结构，甚至煤棚空间结构的球形连接均有无损检测的规定和需求。但是，无损检测特别是射线探伤和渗透探伤如果防护不当，会对操作者及范围内的人员的身体产生危害，因此，适当的防护是保护人员安全的最有效途径。本章我们对大中型电力建设施工中常用的几种无损检测及安全生产技术进行介绍。

第一节　无损探伤的分类及检测原理

无损探伤是检验材料和钢结构产品中内在缺陷的各种非损坏性方法的统称，是一种不损坏被检验产品而能了解其内在和表面质量的一种物理方法。最常用的无损探伤方法有射线探伤、超声探伤、磁粉探伤、渗透探伤和涡流检测等。

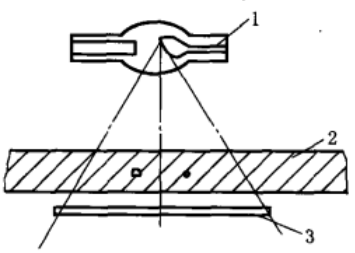
一、射线探伤

射线探伤可分 X 射线、γ 射线、高能 X 射线探伤。它们的基本原理相同，只是射线源不同。X 射线或 γ 射线就本质而言与可见光相同，都属于电磁波，但因波长不同，所以性能也就有所差异。X 射线的理论波长为 101.9 nm～0.000 6 nm，但实际上多在 0.31 nm～0.006 nm 之间。γ 射线的波长为 0.113 9 nm～0.000 3 nm。波长愈短，射线愈硬，穿透力愈强。反之，穿透力愈弱。

X 射线探伤通常用于板材厚度在 70 mm 以下的对接焊缝；γ 射线探伤则多用于 70 mm以上的大厚度材料的对接焊缝。

1. X 射线探伤原理

X 射线的探伤原理，如图 14-1 所示。由 X 光管发生的 X 光束，穿过焊缝与放置在工件下面的胶片起作用。但由于 X 光对金属及内部的缺陷有着不同的穿透率，即 X 光对缺陷的穿透率大，对金属的穿透率小。穿透率大的地方，使胶片强力感光，穿透率小的则反之。凡有缺陷的地方，会使胶片上呈现出黑色阴影，阴影的大小与形状，反映出焊缝内缺陷的大小与形状。阴影在胶片上所在的位置，则就是对应于缺陷在焊缝上所处的位置。



1—射线源；2—工件；3—装在暗盒里的胶片

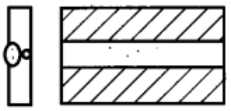
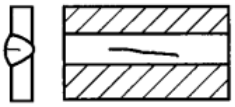
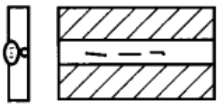
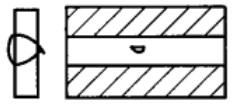
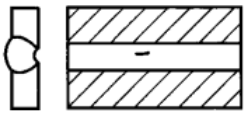
图 14-1　射线探伤

2. X 射线探伤的缺陷判断技能

用上述方法摄制出来的焊缝胶片，即可根据阴影的位置、形状和大小来判断焊缝是否存在气孔、未焊透、夹渣及裂纹等缺陷。

各种焊缝缺陷在X射线胶片上的反映状态见表14-1。

表14-1　焊缝缺陷在X射线胶片上的判断

缺陷名称	简　图	缺陷判断
气孔		胶片上阴影的黑化程度的不同，其黑度中心处较大，逐渐向边缘减少，且外形呈有规则的小圆点
裂纹		胶片上阴影的呈形状鲜明的直线形或曲线形的细黑线，两端尖细、中部较宽
夹渣		胶片上的阴影呈不同形状的黑影，黑度均匀，并带有棱角
未焊透		胶片上的阴影为一条有规则的连续或断续的黑直线
焊瘤		胶片上的阴影为不同形状的白色斑点
凹坑		胶片上的阴影为模糊的边缘，其中部的黑化程度较大，逐步向边缘减少

3. 缺陷部位的确定与返修

根据X光胶片上所表现的缺陷位置、性质，只能确定缺陷的长度与宽度，至于缺陷的埋藏深度及其本身的厚度，从胶片上是反映不出来的。目前一般缺陷返修的方法，只能用碳弧气刨或风铲等工具进行去除后再补焊。

4. 射线探伤(超声探伤)抽检率及合格级别

《压力容器安全技术监察规程》中规定，压力容器的无损检测按JB 4730《压力容器无损检测》执行。

对压力容器对接接头进行全面(100%)或局部(20%)无损检测，当采用射线检测时，其透照质量不应低于AB级，其合格级为Ⅲ级，且不允许有未焊透；当采用超声检测时，其合格级别为Ⅱ级。

对GB 150、GB 151等标准中规定进行全部(100%)无损检测的压力容器、第三类压力容器、焊缝系数取1.0的压力容器以及无法进行内外部检测或耐压试验的压力容器，其对接接头进行全部(100%)无损检测，当采用射线检测时，其透照质量不应低于AB级，其合格级别为Ⅱ级；当采用超声检测上机，其合格级别为Ⅰ级。

公称直径大于或等于250 mm(或公称直径小于250 mm，其壁厚大于28 mm)的压力

容器接管对接接头的无损检测比例及合格级别应与容器壳体主体焊缝要求相同；公称直径小于 250 mm，其壁厚小于或等于 28 mm 时仅做表面无损探伤，其合格级别为 JB 4730 规定的Ⅰ级。

有色金属压力容器焊接接头的无损检测合格级别，射线透照质量按相应标准或由设计图样规定。

压力容器对接焊接接头的无损检测比例，一般分为全部（100%）和局部（≥20%）2 种。对铁素体钢制低温容器，局部无损检测的比例≥50%。

符合下列情况之一时，压力容器的对接接头必须进行全部射线或超声检测：

（1）GB 150 和 GB 151 等标准中规定进行全部射线或超声检测的压力容器。

（2）第三类压力容器。

（3）第二类压力容器中易燃介质的反映压力容器和存储压力容器。

（4）设计压力大于 5.0 MPa 的压力容器。

（5）设计压力大于或等于 0.6 MPa 的管壳式锅炉。

（6）设计选用焊缝系数为 1.0 的压力容器（无缝管制筒体除外）。

（7）疲劳分析设计的压力容器。

（8）使用后无法进行内外部检验或耐压试验的压力容器。

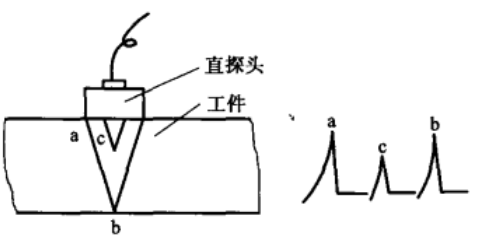
（9）符合下列之一的铝、铜、镍、钛及合金制压力容器：介质为易燃或毒性程度为极度、高度、中度危害的；采用气压试验的；设计压力大于或等于 1.6 MPa 的。

二、超声探伤

超声波与普通声波一样，是一种直线传播的向性声波。声波是弹性介质的机械振动，人耳所能感受的振动频率为 16 Hz～20 000 Hz，故 20 000 Hz 以上的弹性振动称为超声波。在探伤中所用超声波频率为 0.5 Hz～10 Hz。

1. 超声波原理

超声波在传播过程中，当遇到两种不同介质的界面或不同密度的材料时，便会在交界面上发生折射或反射。反射式探伤法是利用超声波在工件的传播中，能分别在工件的内部缺陷及其背面发生反射，而反射回来的超声波在通过超声波接收器之后，又将声波转为电能，在荧光屏上显示三者各自的波形图，如图 14-2 所示。



a—始脉波；b—底脉波；c—缺陷脉波

图 14-2　超声探伤

2. 直探头探伤法检验钢板

（1）耦合剂的选择

在探伤时，为了克服探头与工件表面之间的空气膜，使超声波顺利传入工件。所以进行超声波探伤时，在工件表面需要涂耦合剂。对耦合剂的要求有以下几点。

① 透声性良好，耦合介质的声阻抗应高一些。

② 对工件应无腐蚀作用，对后道工序加工应无影响。

③ 流动性好，来源方便，价格低廉。

④ 对操作人员健康无损害。

目前一般采用的耦合剂，机油和水等。

(2) 探伤操作

先将超声探伤仪放在钢板上，用探头沿垂直于钢板的轧制方向，作间距为 100 mm 的平行线移动，并用水或机油作为耦合剂进行探伤。当监视到有缺陷波形出现时，还应在其两侧进行探查，以确定缺陷面积，并用显示笔记录在钢板上。

(3) 缺陷的判定

① 当荧光屏上无底脉波而只有缺陷波的多次反射。

② 当荧光屏上缺陷波和底脉波同时存在。

③ 当荧光屏上无底脉波而只有缺陷脉波的多个紊乱的缺陷脉波。

3. 斜探头探伤法检验焊缝

若焊缝表面和钢板的表面不平，须磨平焊缝后，才能用直探头。但在某些情况下，焊缝不能磨，则可选用斜探头。

焊缝探伤时，应将其两侧一定宽度范围内的飞溅、污垢及突起的氧化皮等清除干净，否则将会影响探伤的灵敏度和准确性，同时在探头与工件表面之间，应涂上耦合剂(机油)等。

4. 超声波探伤的抽检率和合格级别的规定

用于制造压力容器壳体的碳素钢和低合金钢板，凡符合下列条件之一的，应逐张进行超声检验：

(1) 盛装介质毒性程度为极度、高度危害的压力容器；

(2) 盛装介质为液化石油气且硫化氢含量大于 100 mg/L 的压力容器；

(3) 最高工作压力大于或等于 10 MPa 的压力容器；

(4) GB 150 第 2 章和附录 C、GB 151《管壳式换热器》、GB 12337《钢制球形储罐》及其他国家标准和行业标准中规定应逐张进行超声检测的钢板；

(5) 移动式压力容器。

钢板的超声检测应按 JB 4730《压力容器无损检测》的规定进行。用于(1)、(2)、(5)所述容器的钢板的合格等级应不低于Ⅱ级；用于上述(3)条所述容器的钢板的合格等级应不低于Ⅲ级；用于(4)所述容器的钢板，合格等级应符合 GB 150、GB 151 或 GB 12337 的规定。

三、磁粉探伤

磁粉探伤是用来探测铁磁性材料，如碳素钢和一些合金钢的表面或近表面缺陷的探伤方法。操作时，先将工件磁化，工件中有磁力线通过。当工件无缺陷时，其磁力线是均匀分布的。当工件中有裂纹、气孔和夹渣时，由于缺陷的磁导率比铁磁性材料要小得多，随后把磁粉撒在其表面上，这样磁粉就会因磁场的泄漏作用而堆积在裂纹和其他线状缺陷上，形成磁粉纹路，从而将缺陷显示出来。

磁粉探伤的磁力线，具有一定的方向性。当线型缺陷与磁力线平行时，其灵敏度最小。因此为了有效的检测线型缺陷等，对于每个工件的被检测区域至少应做 2 次以上的

探伤，且探伤磁力线的方向应相互垂直。

四、渗透探伤

渗透探伤法是利用某些渗透性液体的毛细作用，渗入工件表面的微小裂纹中，然后清除工件表面的剩余液体，在工件上再涂上一层吸附力强的吸附剂，经过一段时间后，由于吸附剂的毛细作用，把渗入工件缺陷中的液体吸出来，显示出缺陷的形状、位置和大小。

在渗透液中加入一些荧光物质，便是有明亮对比度的荧光探伤，若在渗透液中加入红色染料，便是着色探伤。

1. 着色探伤

着色探伤是先将被探测的焊缝表面及其附近 25 mm 以内的污垢、溶渣、飞溅、氧化皮及锈蚀等清除干净。再用清洗气雾剂将被检测区域表面洗净，以除去表面油污和灰尘等，然后烘干或晾干，用渗透气雾剂喷涂至已清洗的工件表面（渗透 10 mm～30 mm）。有时为了探测细小的缺陷，也可将被探工件区域预热 40℃～50℃后再渗透。用清洗剂喷涂工件表面，待 3 min～5 min 后用清水洗净多余的渗透剂，并用洁净的丝绸将其擦干。将摇匀的显影剂均匀地喷涂在被检测区域的表面，并使之自然干燥。当工件表面上有缺陷时，在白色显影剂上，便会显示红色缺陷图象的裂纹或小气孔。

2. 荧光渗透探伤

荧光渗透探伤的程序跟着色探伤基本相同，不同的所用的渗透剂为荧光型渗透剂，而在暗室内用紫外线灯照射。当有缺陷时，便会显示出明亮的荧光图像。

五、锅炉、压力容器、压力管道焊接接头检测方法的选择要求

1. 当锅炉、压力容器、压力管道壁厚小于或等于 38 mm 时，其对接接头应采用射线检测。由于结构的原因不能采用射线检测时，允许采用可记录的超声检测。

2. 锅炉、压力容器、压力管道壁厚大 38 mm（或小于 38 mm，但大于 20 mm 且使用材料抗拉强度规定值下限大于或等于 540 MPa 时），其对接接头如采用射线检测，则每条焊缝还应附加局部射线检测。无法进行射线检测或超声检测时，应采用其他检测方法进行附加局部无损检测。附加局部检测应包括所有的焊缝交叉部位，附加局部检测的比例为原无损检测比例的 20%。

3. 对有无损检测要求的角接接头、T 形接头，不能进行射线或超声检测时，应做 100%表面检测。

4. 磁铁性材料锅炉、压力容器、压力管道的表面检测优先选用磁粉检测。

5. 所有焊缝的交叉部位以及开孔区将被其他元件覆盖的焊缝部分必须进行射线检测拼接封头（不含先成形后组焊的拼接封头）、拼接管板的对接接头必须进行 100%无损检测，拼接补强圈的对接接头必须进行 100%的超声或射线检测，其合格级别与锅炉、压力容器、压力管道壳体相对应的对接接头一致。拼接封头应在成形后进行无损检测，若成形前进行无损检测，则成形后应在圆弧过渡区再做无损检测。

6. 经过局部射线检测或超声波检测的焊接接头，若在检测部位发现超标缺陷时，则

应进行不少于该条焊接接头长度10%的补充局部检测；如仍不合格，则应对该条焊接接头全部检测。

上述4种无损探伤方法，所能探测到焊缝的缺陷形状和内外表面深度各不相同，因此必须根据缺陷的特征，选择最适宜的探伤方法见表14-2。

表14-2　焊缝的不同缺陷对探伤能力的比较

缺陷特征 探伤方法	平面(裂纹未焊透)	球形(气孔)	圆柱形(夹渣)	线形(表面裂纹)	圆形(表面缺陷、针孔)	特　点
射线探伤	一般	好	好			可明确地看到缺陷的形状、大小、数量和分布位置，判断能力强，但对于如发纹一类缺陷，不能发现。胶片能长期保存，对工件表面无要求
超声探伤	好	一般	一般			探测灵敏度高、探测厚度大，对缺陷的定性困难，只能用当量表示。要求工件表面必须平整
磁粉探伤				好	一般	对表面裂纹灵敏度高，能直观缺陷所在位置，但只能检测表面及离表面一定距离的缺陷，对缺陷深度难以确定，不宜用于非铁性材料
渗透探伤				好	好	设备简单，适应性强，亦适用于非铁性材料，但只能检测表面开口性缺陷，要求工件表面必须打磨到一定的粗糙度

第二节　无损探伤操作的防护和安全生产技术

在常用的无损探伤方法中只有射线探伤和渗透探伤对人体的损伤最大，下面我们就射线探伤和渗透探伤分别叙述如下。

一、射线探伤

1. 放射防护标准

由于射线过量照射对人体会产生人体组织和器官的损伤，为了保障专业从事放射性工作人员和辐射源周围居民所接受的射线剂量在安全剂量以下，确保人体的组织和器官不发生明显的病变，根据国际放射性防护委员会所规定的限值，国家制定颁发了我国的防护标准GB 18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全　基本标准》，该标准规定了人体接收的最大容许剂量，规定容许剂量的当量值，如表14-3所示。

表 14-3 电离子的最大容许剂量当量和限定容许剂量当量 mSv

受照部位	放射工作人员的年最大最大容许剂量当量	放射性工作场所相邻及附近区域公众中个人年限定容许剂量当量
全身	50	1
眼晶体	150	15
其他器官	500	50

对放射工作人员如果每年按 12 个月、50 周，每周工作 6 天来计算，可得到放射工作人员最大年、月、周、日剂量当量，如表 14-4 所示。

表 14-4 放射人员最大容许剂量 mSv

受照部位	年剂量当量	月剂量当量	周剂量当量	日剂量当量
全身	50	4.2	1.0	0.17
眼晶体	150	12.5	3.0	0.5
其他器官	500	42	10	1.7

GB 18871 除对最大容许剂量当量作出明确规定外，还对不同的工作人员及不同的工作需要采取不同的剂量当量控制规定。规定还指出：职业性放射工作人员，在受照射剂量均匀的情况下，可采用剂量当量率控制。如因工作需要在 3 个月内一次或多次接受的总剂量当量可允许达到年最大最大容许剂量当量的一半，但一年内的接受剂量当量不得超过年最大最大容许剂量的当量。

应急照射时除了抢救生命的行动外，必须尽一切合理的努力，将工作人员所受到的剂量保持在最大单一年份剂量值的两倍以下；对于抢救生命的行动，应做出各种努力，将工作人员的受照剂量保持在最大单一年份剂量限值的 10 倍以下，以防止确定性健康效应的发生。此外，当采取行动的工作人员的受照剂量可能达到或超过最大单一年份剂量限值的 10 倍时，只有在行动给他人带来的利益明显大于工作人员本人所受的危险时，才应采取该行动。

从事放射性工作的孕妇、授乳妇女及接触放射性的 16～22 岁的实习人员不得接受应急照射，不参加年有效照射剂量当量可能超过 1 mSv 的放射性工作。育龄妇女所接受的照射，应严格按月平均剂量当量控制，未满 16 岁者不参与放射性工作。

2. 放射安全防护原则

放射防护原则是：人体所接受的射线剂量当量在安全剂量当量（GB 18871 规定的容许剂量当量）以内，确保人身安全。

为了达到上述目的，通常我们采取以下 3 种措施使人体接受的射线剂量在安全剂量以下，即时间防护、距离防护和屏蔽防护。

（1）时间防护

因为在具有固定的剂量率（P）区域里的工作人员，所接受的射线剂量（D）与他在该区域里停留的时间（t）成正比，即

$$D=P\times t \tag{14-1}$$

所以在照射率不变的情况下，为了使工作人员所接受的剂量当量满足标准要求，可通过改变工作时间的长短来控制接受的射线剂量。在平均剂量率比较大的场合，可由多个人员来接替工作，以确保每个工作人员均能在安全剂量下完成操作，起到安全防护的目的。

(2) 距离防护

因为工作时人员距离放射源都较远，可以把射线源看成是点源，对点源来讲，在某点射线强度与该点到源的距离平方成反比。如果有两点分别距源为 R_1 和 R_2，它们的剂量分别为 D_1 和 D_2，则

$$D_1/D_2=R_1^2/R_2^2 \tag{14-2}$$

由此可见，当距离增大一倍时，射线剂量就减少到原来的 1/4。所以实际工作中，在允许的条件下，往往通过增大到射线源之间的距离，以减少工作人员所接受的射线剂量，达到安全防护的目的。

(3) 屏蔽防护

射线通过物质后的衰减规律为

$$I=I_0 e^{-\mu T} \tag{14-3}$$

即穿过物质后射线的强度随工件厚度的增加呈 e 的负指数次方衰减。

屏蔽防护就是在射线源与人体之间加上一层吸收系数比较大的屏蔽板来减小射线强度，从而减少人体接受的射线剂量。在实际工作中，如果受场地的限制，人与源之间的距离过近，而时间又受工程进度及工艺要求的限制，此时屏蔽防护是非常有效的一种防护方法。

由式(14-3)可见，对于同样的射线源，屏蔽层越厚，穿过屏蔽层后射线的强度就越小，所以可以通过选用不同厚度的屏蔽层来达到安全防护的目的。

对于 2 种不同的屏蔽层，如果

$$\mu_1 T_1=\mu_2 T_2 \tag{14-4}$$

则它们会得到相同的保护效果。

3. 放射安全防护防护技术

(1) 从事放射性工作的人员应经过培训、考试合格，并取得合格证。

(2) 对准备从事参加放射探伤工作的人员必须经过体检，符合卫生部 GWF01 的规定，有不适应症者不得参加此项工作。

(3) 射线探伤应配备必要的射线测量仪器。作业时，操作人员应佩戴剂量仪、含铅眼镜和铅防护服等防护用品。

(4) γ 线放射源应存放在专用的储藏室内，不得与易燃、易爆、有腐蚀性的物质存放在一起。

(5) 放射源应指定专人管理，定期检查，严格领用制度，存放放射源的容器必须加锁。

(6) 作业场所不得存放放射源。如需要短时间存放，必须经过企业技术负责人批准，采取有效的防护措施，并设围栏及醒目的警示标识。

(7) 射线探伤应尽可能避开正常上班时间，如不能避开，应制定相应的安全技术

措施。

(8) 白天进行射线探伤时应用红绳圈出警戒范围并悬挂醒目的警告牌，严禁非作业人员进入；夜间进行射线探伤时，应有明显的警示标志。

(9) 放射源处于工作状态时，操作人员严禁离开现场。

(10) γ线放射源应由一人操作、一人监护。如果发生卡源，应在采取防护措施后方可处理。

4. 意外事故的处理

引起异常的或未预料到的辐射危害的任何情况，都叫放射事故。用X射线探伤只要严格遵守安全操作规程，一般不会发生事故。用射线探伤，在某电建项目发生过一些辐射源与机械手脱可达事故，即机械手已退回到原位时，源却没有回到贮存容器内，造成失去屏蔽，或操作不当使操作系统发生事故，源退不回贮存容器内。

放射性事故是可以预防的，关键在于平常加强对工作人员的安全教育，严格遵守操作规程。采取新技术、新工艺新方法时，在正式操作前，必须熟悉操作的内容。对难度大的操作，要事先用非放射性物质做模拟操作试验。工作人员在操作放射性物质前，应充分做好准备工作，如拟定周密的工作计划；检查仪器是否正常；个人防护用品的配备是否齐全；并根据具体的探伤设备制定出万一发生事故的处理方法。

为了有效地处理放射性事故的发生，应制订各种可能事故的应急预案。事故的种类千差万别，处理事故时应根据事故的具体情况，制定适应不同事故的处理方案。一般的事故处理程序应包括如下内容：

(1) 事故发生后，当事人应立即通知同工作场所的工作人员离开，并报告防护负责人及单位领导。

(2) 由单位领导召集专业人员，根据具体情况迅速制订事故处理方案。

(3) 事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未取得防护监测人员的允许不得进入事故区。

除上述工作外，防护监测人员还应进行以下几项工作：

(1) 迅速确定现场的辐射强度及影响范围，划定禁区，防止外照射的危害。

(2) 根据现场辐射强度，决定工作人员在现场工作的时间。

(3) 协助和指导在现场执行任务的工作人员佩带防护用具及个人剂量仪。

(4) 对严重的剂量事故，应尽可能记下现场辐射强度和有关情况。并对现场重复测量，估计当事人所受剂量，根据受照射量情况决定是否送医院进行医学处理或治疗。

各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取安全措施防止类似事故重复发生。凡严重或重大的事故，应向上级主管部门报告。

二、渗透探伤

渗透探伤剂本身无毒无害，但是，由于它使用有机溶剂，而有些有机溶剂，例如三氟乙烯等往往对人体有害，因此，如果将它们的蒸气或雾状气体大量吸入人体，可能会引起人体的中毒。渗透探伤中，毒性试剂造成人体的中毒，以慢性中毒最多，且多属累计性中毒。

另外，渗透探伤剂如果粘在皮肤上，可能引起斑疹。有些试剂，例如胶棉液，本身基本无毒，但遇明火燃烧，则可生成剧毒氢氢酸，好过氧化氮气体。因此，采取积极的卫生安全防范措施是十分必要的。

荧光渗透探伤时，应限制操作人员暴露在强紫外线辐射之中，防止眼球处于黑光中导致眼球荧光效应，特别要防止黑光屏蔽罩破裂失效，短波紫外线直接照射操作人员，使操作人员可能患有角膜炎等眼病。

渗透探伤上所使用的渗透探伤剂，除了干粉显像剂、乳化剂以及金属喷罐内使用的氟里昂气体是不燃物质外，其他大部分都是可燃性有机溶剂。因此，在使用这些可燃性渗透探伤剂时，一定要和使用普通油类或有机溶剂一样，应采取必要的防火措施。

1. 存储渗透探伤剂注意事项

(1) 贮装渗透探伤剂的容器应加盖，并且要密封。

(2) 储存地点应尽可能挑选冷暗处，并且避免烟火、热风、直射阳光等。

(3) 压力喷罐严禁在高温处存放(因为在高温时，罐内的压力将增大，有发生自燃爆炸的危险)。

2. 压力喷罐制品的防火

压力喷罐内充填渗透探伤剂的同时，还有充填丙烷气或氟里昂等高压液化气，渗透探伤剂本身是一种可燃性物质，充填丙烷气后，着火可能性更大，它变成了一种强燃性物质，所以操作压力喷罐制品时，必须充分注意防火。

3. 灭火器的设置

使用可燃性渗透探伤剂时，不仅必须充分注意防火，而且为了防止万一，还应该在操作现场及渗透探伤剂存储处设置灭火器。表 14-5 列出了渗透探伤剂着火时可供使用的灭火器。

表 14-5　灭火器种类

种　　类	主 要 成 分
泡沫灭火器	硫酸铝、重碳酸钠
碳酸气灭火器	二氧化碳(液体)
粉末灭火器	重碳酸钠
强化液灭火器	水、钾盐
ABC 灭火器	磷酸铵

4. 防火安全措施

(1) 操作现场应做到文明整洁，并有切实可行的防火措施。

(2) 操作现场应备有专人管理的灭火器。

(3) 除使用的渗透探伤剂外，操作现场应尽量避免大量贮藏渗透探伤剂。

(4) 盛装渗透探伤剂的容器应加盖，并尽量密封。对于清洗剂和显像剂等挥发性大的物质，使用后必须密封保管。

(5) 避免阳光直射盛装渗透探伤剂的容器，特别是压力喷罐更要注意。

(6) 避免在火焰附近以及在高温环境下作业，特别是压力喷罐。如果环境温度超过50℃，应特别引起注意。操作现场禁止明火存在。

(7) 当环境温度较低时，压力喷罐内压力将降低，喷雾将减弱且不均匀。此时可将其放入30℃以下的温水中，待加热之后再使用。但决不允许将压力喷罐直接放在火焰附近，从而达到加温的目的。

5. 个人安全防护技术

有毒化学药品对人体的毒害大致有3种：

(1) 经呼吸道进入人体，在肺泡中进行交换，渗入血液而进入全身，引起人体机能失调和障碍。该类毒物一般以气态、烟雾、粉尘状态污染操作场所的空气而进入人体。

(2) 经消化道进入人体，由肠胃吸收而运至全身。这类中毒一般是因误食毒物或因毒物污染饮食器具而造成。

(3) 经人体皮肤渗透进入人体。这种中毒是由于接触某些渗透力极强的药品后才能引起。

个人安全防护技术主要有：

(1) 在不影响渗透探伤灵敏度、满足工件技术要求的前提下，尽可能采用低毒配方来代替有毒或高毒的配方。

(2) 采用先进技术，改进渗透探伤工艺和完善渗透探伤设备，特别是增设必要的通风装置，降低毒物操作场所空气中的浓度。

(3) 严格遵守操作规程，正确使用个人防护用品，例如口罩、防毒面具、橡皮手套、防护服和涂敷皮肤的防护膏等。

(4) 当紫外线通过三氟乙烯时，将产生有害光气。在除油过程中注意不要让三氟乙烯滞留在零件的盲孔里或其他凹陷之处。

(5) 波长在330 nm以下的短波紫外线对人眼有害，所以严禁使用不带滤波网或滤波片破裂的紫外线灯。

(6) 操作现场严禁吸烟，一是防火，二是防止吸入有毒气体。

(7) 三氟乙烯蒸气除油时，要向槽内经常添加三氟乙烯溶液，防止加热器露出液面，否则会引起过热，产生剧毒气体。

(8) 显像粉会使皮肤干燥，刺激人的气管，所以操作者应带橡皮手套，工作现场应有抽风设备。

(9) 工作前，操作者手上应涂防护油，最好带上防护手套和围裙，可避免皮肤与渗透探伤剂直接接触而污染，并防止皮肤干燥或开裂，甚至引起皮炎。

(10) 预检和定期体检也是重要的防护措施。预检是对新参加渗透探伤的工作人员进行体检，以便及早发现不宜从事这项工作的某些疾病患者。这些疾病包括哮喘、血液病、肝和肾的实质性疾病及精神病等。定期体检可以早期发现毒物对人体危害致病情况，早期治疗，并采取必要的预防措施。

(11) 荧光渗透探伤中使用的黑光是高压黑光汞灯的光辐射中滤出的强紫外线。人们的眼球处于黑光中会导致眼球荧光效应，眼睛会被辐射刺伤，使视力变得模糊，还会产生其他不舒服感。若长期暴露在黑光下，该刺激会引起头痛，极端情况下甚至会引起恶

心。避免眼球荧光的方法：

a）主要途径是防止眼球直接接触黑光，或将这种直接接触降低到最低限度。

b）选用黄色玻璃保护墨镜，过滤紫外线。

c）破裂失效的黑光屏罩，严禁投入使用。

第三节　无损探伤操作的通用安全生产技术

1. 探伤仪器及附属电气设备线路，要绝缘，外壳应可靠接地。检修时，应先切断电源。

2. 射线探伤操作人员，应定期检查身体。作业时必须穿戴防护用品。

3. γ射线检测时，应按GB 18465《工业γ射线探伤放射卫生防护要求》的规定划定控制区和监督区、设置警告标志，检测作业时，应围绕检测区界测定辐射水平。

4. 检测工作人员应佩带个人剂量计，并携带剂量报警仪。

5. 射线探伤工作地点应设置围栏和警告牌。

6. 射线探伤时，应速用速撤。探照时，应用机械操作，严禁用手接触射线源。

7. X射线探伤，应有铅防护屏或其他防护措施。曝光前，操作人员应背离X光机“窗口”，曝光应待人员至安全区后方可进行。

8. 超声波仪器通电后，禁止打开保护盖，防止高压电伤人。

9. 荧光探伤，应戴防护眼镜。在工件上涂抹荧光粉、显像粉时，禁止直接用手触摸。

10. 配制着色探伤剂或筛取荧光粉、磁粉、显现粉应在通风良好的地方进行。

第十五章　一般工种安全生产技术

本章我们针对电力建设施工企业一般工种的安全生产技术进行介绍。其主要包括：瓦工、木工、抹灰工、钢筋工、混凝土工、油漆工、玻璃工、防水工和普通工等工种的安全生产技术。

第一节　瓦　工

1. 在深度超过 1.5 m 砌基础时，应检查槽帮有无裂缝、水浸或坍塌的危险隐患。送料、砂浆要设有溜槽，严禁向下猛倒和抛掷物料、工具等。

2. 距槽帮上口 1 m 以内，严禁堆积土方和材料。砌筑 2 m 以上深基础时，应设有梯或坡道，不得攀跳槽、沟、坑上下，不得站在墙上砌筑、划线(肋缝)。

3. 砌筑使用的脚手架，未经交接验收不得使用。验收使用后不准随便拆改或移动。

4. 在架子上用刨锛斩砖，操作人员必须面向里，把砖头斩在架子上。挂线用的坠物必须绑扎牢固。作业环境中的碎料、落地灰、杂物、工具集中下运，做到日产日清、自产自清、活完料净场地清。

5. 脚手架上堆放料量不得超过规定荷载(均布荷载每平方米不得超过 3 kN，集中荷载不超过 1.5 kN)。

6. 砌砖使用的工具应放在稳妥的地方。斩砖应面向墙面，工作完毕应将脚手架板和砖墙上的碎砖、灰浆及时清扫干净，防止掉落伤人。

7. 采用里脚手架砌墙时，不准站在墙上清扫墙面和检查大角垂直等作业。不准在刚砌好的墙上行走。

8. 在同一垂直面上下交叉作业时，必须设置安全隔离层。

9. 用起重机吊运砖时，当采用砖笼往楼板上放砖时，要均匀分布，并必须预先在楼板底下加设支柱及横木承载。砖笼严禁直接吊放在脚手架上。

10. 在地坑、地沟砌砖时，严防塌方并注意地下管线、电缆等。在屋面坡度大于 25° 时，挂瓦必须使用移动板梯，板梯必须有牢固挂钩。檐口应搭设防护栏杆，并立挂密目安全网。

11. 屋面上瓦应两坡同时进行，保持屋面受力均衡，瓦要放稳。屋面无望板时，应铺设通道，不准在桁条、瓦条上行走。

12. 在石棉瓦等不能承重的轻型屋面上作业时，必须搭设临时走道板，并应在屋架下弦搭设水平安全网，严禁在石棉瓦上作业和行走。

13. 冬期施工有霜、雪时，必须将脚手架等作业环境的霜、雪清除后方可作业。

第二节　木　工

一、基本安全要求

1. 高处作业时，材料码放必须平稳整齐。

2. 使用的工具不得乱放。地面作业时应随时放入工具箱，高处作业应放入工具袋内。

3. 作业时使用的铁钉，不得含在嘴中。

4. 作业前应检查所使用的工具，如手柄有无松动、断裂等，手持电动工具的漏电保护器应试机检查，合格后方可使用。操作时戴绝缘手套。

5. 使用手锯时，锯条必须调紧适度，下班时要放松，以防再使用时锯条突然暴断伤人。

6. 成品、半成品、木材应堆放整齐，不得任意乱放。不得存放在在施工程内，木材码放高度以不超过 1.2 m 为宜。

7. 木工作业场所的刨花、木屑、碎木必须自产自清、日产日清、活完场清，木工房必须空气流通，并设消防器材。

8. 用火必须事先申请用火证，并设专人监护。

二、危险防范

1. 防止倒塌

(1) 在坑槽内支模时，先查看槽帮，有没有要塌方的现象，防止在支模时塌方伤人。

(2) 支模应按工序操作，模板没有固定好之前不得进行下道工序，否则模板受外界影响容易倒塌伤人。

(3) 模板支撑不得使用腐朽、扭裂、劈裂的材料。顶撑要垂直，底端平整坚实，加垫木、木楔要钉牢，并用横顺拉杆和剪刀撑拉牢。严禁利用拉杆、支撑攀登上下。

2. 防止高处坠落

(1) 在高处作业支模时，要做到以下几点：①上下要走梯道，严禁利用模板栏杆、支撑上下；②站在活动平台上支模；③挂好安全带；④工具要随手放入工具袋内，禁止抛掷任何物体。

(2) 安装二层楼以上外墙窗扇时，应挂好安全带，防止高处坠落，工具要随手放进工具袋内，严禁向窗外抛掷物体，防止砸伤其他人。

(3) 板条顶棚及隔声板容易踩断、踏碎。因此，人不要直接在它上面行走，防止人摔下来。必须通行时，应在大楞上铺脚手板。

3. 防止物体打击和机械伤害

(1) 拆模前应先制定出拆模顺序，每段模板应拆除彻底，不得留有零星模板，并应随拆随清，保持道路畅通。拆模时不要猛撬，硬砸模板，防止模板突然下落，倒塌砸伤人。更不要为了快拆，采取大面积撬落拉倒，造成大面积模板倒塌下落，防止因无法及时躲闪造

成砸伤事故。拆模板时，要防止钉子扎脚。

(2) 电刨、电锯安全防护装置要完整有效，使用时禁止用手清理刀具，防止刀具伤手。送料要缓慢均匀。电锯锯料时为了防止木料反弹伤人，应安装分料器。

4. 防止触电事故

动用手持电动工具时，要配有漏电保护装置，操作时要带绝缘手套，防止发生触电事故。

第三节 抹 灰 工

1. 脚手架使用前应检查脚手板是否有空隙、探头板、护身栏、挡脚板，确认合格，方可使用。吊篮架的升降由架子工负责，非架子工不得擅自拆改或升降。

2. 外饰面工序上、下层同时操作时，脚手架与墙身的空隙部位应设遮隔措施。

3. 脚手架上的工具、材料要分散放稳，不得超过允许荷载。

4. 采用井字架、龙门架、外用电梯垂直运送材料时，预先检查卸料平台通道的两侧边安全防护是否齐全、牢固，吊盘(笼)内小推车必须加挡车掩，不得向井内探头张望。

5. 外装饰必须设置可靠的安全防护隔离层。贴面使用的预制件、大理石、瓷砖等，应堆放整齐、平稳，边用边运。安装时要稳拿稳放，待灌浆凝固稳定后，方可拆除临时支撑。废料、边角料严禁随意抛掷。

6. 脚手板不得搭设在门窗、暖气片、洗脸池等非承重的物器上。阳台通廊部位抹灰，外侧必须挂设安全网。严禁踩踏脚手架的护身栏杆和阳台栏板进行操作。

7. 室内抹灰使用的木凳、金属支架应搭设平稳牢固，脚手板跨度不得大于 2 m。架子上堆放的材料不得过于集中，在同一跨内操作不应超过 2 人。

8. 室内抹灰采用高凳上铺脚手板时，宽度不得少于 2 块脚手板，移动高凳时上面不得站人。高度超过 2 m 时，应由架子工搭设脚手架。

9. 在高大门、窗旁作业时，必须将门窗扇关好，并插上插销。

10. 夜间或阴暗处作业，应用 36 V 以下安全电压照明。

11. 机械喷灰喷涂作业应戴防护用品，压力表、安全阀应灵活可靠，输浆管各部位接口应拧紧卡牢。管路摆放顺直，避免折弯。输浆管应严格按照规定压力运行，超压和管道堵塞时应卸压检修。

12. 贴面使用预制件、大理石、磁砖等应堆放整齐平稳，随用随运，安装要稳拿稳放，待灌浆凝固后方可拆除临时支撑。

13. 瓷砖墙面作业时，瓷砖碎片不得向窗外抛扔。剔凿瓷砖应戴防护镜。

14. 使用电钻、砂轮等手持电动机具，必须装有漏电保护器，作业前应试机检查，作业时应戴绝缘手套。

16. 遇有六级以上强风、大雨、大雾，应停止室外高处作业。

15. 使用磨石机时应戴绝缘手套、穿绝缘鞋，电源线不得破皮漏电，金刚砂块安装必须牢固，经试转正常后方可操作。

第四节　钢　筋　工

一、钢筋运输与堆放安全要求

1. 多人合运钢筋时，起、落、转、停动作要一致。当上下坡（桥）或转弯时，要前后呼应，步伐稳慢。注意钢筋头尾摆动，防止碰撞物体或打击人身，特别防止碰挂周围和上下的电线。上肩或卸料时要互相打招呼，注意安全。

2. 人工垂直传递钢筋时，操作人员不得站在同一垂直线上，送料人应站立在牢固平整的地面或临时构筑物上，接料人应有护身栏杆或防止前倾的牢固物体，必要时挂好安全带。

3. 机械垂直吊运钢筋时，应捆扎牢固，吊点应设在钢筋束的两端。有困难时，才在该束钢筋的重心处设吊点，钢筋要平稳上升，不得超重起吊。

4. 起吊钢筋或钢筋骨架时，下方禁止站人，待钢筋骨架降落至离楼地面或安装标高1m以内人员方准靠近操作，待就位放稳或支撑好后，方可摘钩。

5. 临时堆放钢筋，不得过分集中，应考虑模板或桥道的承载能力。在新浇筑楼板混凝土凝固尚未达到1.2 MPa强度前，严禁堆放钢筋。

6. 钢筋在运输和储存时，必须保留标牌，并按批分别堆放整齐，避免锈蚀和污染。

7. 注意钢筋切勿碰触电源，严禁钢筋靠近高压线路，钢筋与电源线路保持安全距离。

二、钢筋加工安全要求

1. 作业前必须检查机械设备、作业环境、照明设施等，并试运行符合安全要求。

2. 脚手架上不得集中码放钢筋，应随使用随运送。

3. 操作人员必须熟悉钢筋机械的构造性能和用途。并应按照清洁、调整、紧固、防腐、润滑的要求，维修保养机械。

4. 机械运行中停电时，应立即切断电源。收工时应按顺序停机、拉闸，锁好闸箱门，清理作业场所。电路故障必须由专业电工排除，严禁非电工接、拆、修电气设备。

5. 操作人员作业时必须扎紧袖口，理好衣角，扣好衣扣，严禁戴手套。女工应戴工作帽，将发挽入帽内不得外露。

6. 机械明齿轮、皮带轮等高速运转部分，必须安装防护罩或防护板。

7. 电动机械的电闸箱必须按规定安装漏电保护器，并应灵敏有效。

8. 拉直钢筋时卡头必须卡紧，地锚要结实牢固，拉筋沿线2 m区域内禁止行人。

9. 工作完毕后，应用工具将铁屑、钢筋头清除，严禁用手擦抹或嘴吹。切好的钢材、半成品必须按规格码放整齐。

三、钢筋绑扎与安装安全要求

1. 在高处（2 m或2 m以上）、深坑绑扎钢筋和安装钢筋骨架，必须搭设脚手架或操作平台，临边应搭设防护栏杆。

2. 绑扎立柱和墙体钢筋时，不得站在钢筋骨架上或攀登骨架上下。

3. 绑扎在建施工工程的圈梁、挑梁、挑檐、外墙和边柱等钢筋时，应站在脚手架或操作平台上作业。无脚手架必须搭设水平安全网。悬空大梁钢筋的绑扎，必须站在满铺脚手板或操作平台上操作。

4. 绑扎基础钢筋，应按施工组织设计摆放好钢筋支架或马凳，不得任意减少支架和马凳，深基础或夜间施工应使用低压照明灯具。

5. 钢筋骨架吊装时，下方严禁站人，必须待骨架降落至楼、地面 1 m 以内方准靠近，就位支撑好，方可摘钩。

6. 绑扎和安装钢筋，不得将工具、箍筋或短钢筋随意放在脚手架或模板上。

7. 柱筋在 4 m 以内，重量不大时，可在地面或楼面上绑扎，整体竖起；柱筋在 4 m 以上应搭设工作台。柱梁应用临时支撑拉牢，以防倾倒。

8. 在高处楼层上拉钢筋或钢筋调向时，必须事先观察运行上方或周围附近是否有高压线，严防碰触。

9. 绑扎高层建筑的圈梁、挑檐、外墙、边柱钢筋时，应搭设外挂架或安全网。绑扎时操作人员应挂好安全带。

四、危险防范

1. 拉直盘条钢筋应单根拉。几根一起拉时，容易产生一根已被拉断，而其他根尚未拉直的问题。盘条钢筋拉断将会产生很大的反弹力，容易伤人。拉钢筋时要用卡头把钢筋卡牢，地锚要牢固。拉筋沿线应设禁区，防止意外伤人。

2. 切断圆盘钢筋时要先固定住钢筋，防止钢筋回弹伤人。

3. 绑扎钢筋时不要站在钢筋柱下绑扎，应站在操作架上，在建筑物上运送钢筋时，防止钢筋碰触电线造成触电事故。

4. 用切断机断料时，手与刀口距离应不少于 15 cm。操作时要集中注意力，切断短钢筋长度不应小于 40 cm，不要用手直接送料，应用套管或钳子夹料，以防伤手。另外，要随时清除切掉的短小钢筋头，防止伤人。

第五节　混凝土工

一、材料运输安全要求

1. 搬运袋装水泥时，必须逐层从上往下阶梯式搬运，严禁从下抽拿。存放水泥时，必须压碴码放，并不得码放过高（一般不超过 10 袋为宜）。水泥袋码放不得靠近墙壁。

2. 使用手推车运料，向搅拌机料斗内倒砂石时，应设挡掩，不得用力过猛或撒把倒料；运送混凝土时，装运混凝土量应低于车厢 5 cm～10 cm，不得抢跑，空车应让重车；并及时清扫遗撒落地材料，保持现场环境整洁。

3. 垂直运输使用井架、龙门架、外用电梯运送混凝土时，车把不得超出吊盘（笼）以外，车轮前后应挡牢，稳起稳落；用塔吊运送混凝土时，小车必须焊有牢固吊环，吊点不得

少于4个，并保持车身平衡；使用专用吊斗时吊环应牢固可靠，吊索具应符合起重机械安全规程要求。

二、混凝土浇灌安全要求

1. 浇灌混凝土使用的溜槽节间必须连接牢靠，操作部位应设护身栏杆，不得直接站在溜放槽帮操作。

2. 浇灌高度2 m以上的框架梁、柱混凝土应搭设操作平台，不得站在模板或支撑上操作。不得直接在钢筋上踩踏、行走。

3. 浇灌拱形结构，应自两边拱脚对称同时进行。浇灌圈梁、雨篷、阳台应设置安全防护设施。

4. 使用输送泵输送混凝土时，应由2人以上人员牵引布料杆。管道接头、安全阀、管架等必须安装牢固，输送前应试送，检修时必须卸压。

5. 预应力灌浆应严格按照规定压力进行，输浆管道应畅通，阀门接头应严密牢固。

6. 混凝土振捣器使用前必须经电工检验确认合格后方可使用。开关箱内必须装设漏电保护器，插座插头应完好无损，电源线不得破皮漏电。操作者必须穿绝缘鞋（胶鞋），戴绝缘手套。

三、混凝土养护安全要求

1. 使用覆盖物养护混凝土时，预留孔洞必须按规定设牢固盖板或围栏，并设安全标志。

2. 使用电热法养护、设警示牌、围栏，无关人员不得进入养护区域。

3. 用软管浇水养护时，应将水管接头连接牢固，移动皮管不得猛拽，不得倒行拉移皮管。

4. 蒸汽养护、操作和冬施测温人员，不得在混凝土养护坑（池）边沿站立和行走。应注意脚下孔洞与磕绊物等。

5. 覆盖物养护材料使用完毕后，必须及时清理并存放到指定地点，码放整齐。

四、危险防范

1. 防止机械伤害

（1）向搅拌机料斗倒料时，脚不要蹬在料斗上，防止滑倒伤人。料斗起斗时，操作人员要闪开，防止料斗伤人。清理料斗坑前，要先与机工联系好，拉闸断电并把料斗两个保险钩挂好再进行清理，防止料斗下落伤人。

（2）搅拌机运转中，不要用工具伸进搅拌筒内扒料，更不准伸入筒内查看，防止机械伤人。发现故障时，要拉闸停机，再请机工修理。

2. 防止高处坠落

（1）浇筑混凝土柱子、大梁时，不要站在模板边缘或支撑上，防止从高处坠落。浇筑楼板混凝土时，注意脚下钢筋，防止绊倒摔伤及钢筋轧伤。禁止攀登模板上下，防止摔伤。

（2）冬期施工打完混凝土楼板后，各类孔洞要有牢固的盖板，然后再盖上其他保温设施，不能用草帘子等浮盖孔洞，防止其他人误入洞口从高处坠落。

(3) 浇水养护和冬期施工测温时，注意脚下及附近有无孔洞、磕绊物和周边防护。

3. 防止触电事故

振捣混凝土时周围环境潮湿、水多，容易发生触电事故，所以使用振捣棒必须要配有漏电保护装置。操作前，应检查电源线是否有破损。振捣混凝土时，操作人员要穿胶靴、带绝缘手套。

4. 防止人身伤害

(1) 用塔吊运送混凝土时，起吊物下方不得站人，防止料斗突然下降砸伤人。

(2) 混凝土工不准代替机工、电工操作或维修机电设备，防止触电伤人。

第六节 油 漆 工

1. 各种油漆材料(汽油、漆料、稀料)应单独存放在专用库房内，不得与其他材料混放。库房应通风良好。易挥发的汽油、稀料应装入密闭容器中，严禁在库内吸烟和使用任何明火。

2. 油漆涂料的配制应遵守以下规定：

(1) 调制油漆应在通风良好的房间内进行。调制有害油漆涂料时，应戴好防毒口罩、护目镜，穿好与之相适应的个人防护用品。工作完毕应冲洗干净。

(2) 工作完毕，各种油漆涂料的溶剂桶(箱)要加盖封严。

(3) 操作人员应进行体检，患有眼病、皮肤病、气管炎、结核病者不宜从事此项作业。

3. 使用人字梯应遵守以下规定：

(1) 高度 2 m 以下作业(超过 2 m 按规定搭设脚手架)使用的人字梯应四脚落地，摆放平稳，梯脚应设防滑橡皮垫和保险拉链。

(2) 人字梯上搭铺脚手板，脚手板两端搭接长度不得少于 20 cm。脚手板中间不得同时两人操作，梯子挪动时，作业人员必须下来，严禁站在梯子上踩高跷式挪动。人字梯顶部铰轴不准站人、不准铺设脚手板。

(3) 人字梯应经常检查，发现开裂、腐朽、榫头松动、缺档等不得使用。

4. 使用喷灯应遵守以下规定：

(1) 使用喷灯前应首先检查开关及零部件是否完好，喷嘴要畅通。

(2) 喷灯加油不得超过容量的 4/5。

(3) 每次打气不能过足。点火应选择在空旷处，喷嘴不得对人。气筒部分出现故障，应先熄灭喷灯，再行修理。

5. 外墙、外窗、外楼梯等高处作业时，应系好安全带。安全带应高挂低用，挂在牢靠处。油漆窗户时，严禁站在或骑在窗栏上操作，刷封檐板或水落管时，应利用脚手架或专用操作平台架上进行。

6. 刷坡度大于 25°的铁皮屋面时，应设置活动跳板、防护栏杆和安全网。

7. 刷耐酸、耐腐蚀的过氧乙烯涂料时，应戴防毒口罩。打磨砂纸时必须戴口罩。

8. 在室内或容器内喷涂，必须保持良好的通风。喷涂时严禁对着喷嘴察看。

9. 空气压缩机压力表和安全阀必须灵敏有效。高压气管各种接头应牢固，修理料斗

气管时应关闭气门，试喷时不准对人。

10. 喷涂人员作业时，如头痛、恶心、心闷和心悸等，应停止作业，到户外通风处换气。

第七节　玻　璃　工

1. 裁割玻璃应在房间内进行。边角余料要集中堆放，并及时处理。

2. 搬运玻璃应戴手套或用布、纸垫着玻璃，将手及身体裸露部分隔开。散装玻璃运输必须采用专门夹具(架)。玻璃应直立堆放，不得水平堆放。

3. 安装玻璃所用工具应放入工具袋内，严禁将铁钉含在口内。

4. 悬空高处作业必须系好安全带，严禁腋下挟住玻璃，另一手扶梯攀登上下。

5. 安装窗扇玻璃时，严禁上下两层垂直交叉同时作业。安装天窗及高层房屋玻璃时，作业下方严禁走人或停留。碎玻璃不得向下抛掷。

6. 玻璃幕墙安装应利用外脚手架或吊篮架子从上往下逐层安装，抓拿玻璃时应用橡皮吸盘。

7. 门窗等安装好的玻璃应平整、牢固、不得有松动。安装完毕必须立即将风钩挂好或插上插销。

8. 安装完毕，所剩残余玻璃，必须及时清扫集中堆放到指定地点。

第八节　防　水　工

一、基本安全要求

1. 材料存放于专人负责的库房，严禁烟火并挂有醒目的警告标志和防火措施。

2. 施工现场和配料场地应通风良好，操作人员应穿软底鞋、工作服、扎紧袖口，并应配戴手套及鞋盖。涂刷处理剂和胶粘剂时，必须戴防毒口罩和防护眼镜。外露皮肤应涂擦防护膏。操作时严禁用手直接揉擦皮肤。

3. 患有皮肤病、眼病、刺激过敏者，不得参加防水作业。施工过程中发生恶心、头晕、过敏等，应停止作业。

4. 在粘铺卷材时，浇油和铺毡人员，应保持一定距离，浇油时，檐口下方不得有人行走或停留。

5. 使用液化气喷枪及汽油喷灯，点火时，火嘴不准对人。汽油喷灯加油不得过满，打气不能过足。

6. 装卸溶剂的容器，必须配软垫，不准猛推猛撞。使用容器后，其容器盖必须及时盖严。

7. 高处作业屋面周围边沿和预留孔洞，必须按“洞口、临边”防护规定进行安全防护。

8. 防水卷材采用热熔粘结，使用明火(如喷灯)操作时，应申请办理用火证，并设专人看火。配有灭火器材，周围 30 m 以内不准有易燃物。

9. 雨、雪、霜天应待屋面干燥后施工。六级以上大风应停止室外作业。

10. 下班清洗工具。未用完的溶剂，必须装入容器，并将盖盖严。

11. 熬油炉灶必须距建筑物 10 m 以上，上方不得有电线，地下 5 m 内不得有电缆，炉灶应设在建筑物的下风方向。

12. 炉灶附近严禁放置易燃、易爆物品，并应配备锅盖或铁板、灭火器、砂袋等消防器材。

二、熬油施工安全要求

1. 加入锅内的沥青不得超过锅容量的 3/4。

2. 熬油的作业人员应严守岗位，注意沥青温度变化，随着沥青温度变化，应慢火升温。沥青熬制到由白烟转黄烟到红烟时，应立即停火。着火，应用锅盖或铁板覆盖。地面着火，应用灭火器、干砂等扑灭，严禁浇水。

3. 配制、贮存、涂刷冷底子油的地点严禁烟火，并不得在 30 m 以内进行电焊、气焊等明火作业。

4. 装运油的桶、壶，应用铁皮咬口制成，严禁用锡焊桶、壶，并应设桶、壶盖。

5. 运输设备及工具，必须牢固可靠。竖直提升，平台的周边应有防护栏杆，提升时应拉牵引绳，防止油桶摇晃，吊运时油桶下方 10 m 半径范围内严禁站人。

6. 不允许两人抬送沥青，桶内装油不得超过桶高的 2/3。

7. 在坡度较大的屋面运油，应穿防滑鞋，设置防滑梯，清扫屋面上的砂粒等。油桶下设桶垫，必须放置平稳。

三、危险防范

1. 防止火灾

(1) 正确选择炉灶位置，锅灶旁不得堆放易燃物。临时堆放沥青、燃料的场地离灶口距离不应小于 5 m。点火前要经有关部门批准，办理用火证。

(2) 熬制沥青时，装料不得超过锅容量的 3/4，熬油量过多沥青会溢出造成火灾事故。下料时不要投放，防止溅出热沥青烫伤人。下料可采用顺锅边溜放。

(3) 熬制沥青应设专人看守。看守人员不要擅离职守。

(4) 下班前必须熄灭灶火，盖好锅盖。

2. 防止烫伤

(1) 操作人员要戴鞋盖、长袖手套、口罩等防护用品。

(2) 用肩抬或手推车运输热沥青，应先清理好道路，途中要注意前方，防止撞人或翻车。向上方吊运热沥青时，盛油的容器应加盖封闭，吊运所用绳具一定要结实。吊运过程中，吊物垂直下方不要站人。

(3) 铺贴卷材时，油壶不要距卷材过高。防止热沥青四溅烫伤人。铺贴立面时，不应先封口，防止在压平油毡时热油从两旁溢出烫伤操作人员。

(4) 配制冷底子油时(用稀料等易燃物质)，要缓慢加放。沥青温度不宜过高，室内通风要好，操作时严禁吸烟，严禁在明火上作业，要远离火源，防止发生爆炸事故。

3. 防止中毒

在密闭或半密闭场所进行沥青油毡作业时，要防止烟尘中毒，操作地点要保持通风良好。在通风不好的地方（如地下室、管沟等），作业时间不宜过长，应轮换进行操作。

第九节　普　通　工

一、挖方安全要求

1. 开始挖土前，要检查所使用的工具，铁锹把、铁镐把安装是否牢固，是否有劈裂现象。以防在挖土时，铁锹头、镐头脱落或因锹、镐把折断飞出伤人。

2. 挖土时，人与人的距离要保持 2 m～3 m，避免在挥动工具时伤人。

3. 挖槽、坑达到一定深度时，小心土方塌落，如发现土质松软，坑槽边有裂缝、下沉现象，应立即停止挖土，找工长报告。在放坡时，要根据工长交底放坡。

4. 雨天干活时，应先察看坑、槽边坡有无裂纹塌陷现象，不要挖坑、槽边设置的挡水埝，防止雨水倒灌。坑、槽内存有积水应及时排干净，以免影响施工及引起坑壁塌方。

5. 挖土时要由上向下挖，严禁掏挖，防止形成空洞，造成上面的土方坍塌把人砸伤或埋在土里。

6. 挖土的土方要放在坑、槽边 1.5 m 以外，高度不要超过 1.5 m。

7. 严禁攀登固壁支撑上下，或直接从沟、坑边壁上挖洞攀登爬上或跳下。间歇时，不得在槽、坑坡脚下休息。

8. 挖土过程中遇有古墓、地下管道、电缆或其他不能辨认的异物和液体、气体时，应立即停止作业，并报告施工负责人，待查明处理后，再继续挖土。

9. 开挖深度超过 2 m 时，必须在周边设两道牢固护身栏杆，并立挂密目安全网。

10. 钢钎破冻土、坚硬土时，扶钎人应站在打锤人侧面用长把夹具扶钎，打锤范围内不得有其他人停留。锤顶应平整，锤头应安装牢固。钎子应直且不得有飞刺。打锤人不得戴手套。

11. 从槽、坑、沟中吊运送土至地面时，绳索、滑轮、钩子、箩筐等垂直运输设备、工具应完好牢固。起吊、垂直运送时，下方不得站人。

12. 配合机械挖土清理槽底作业时，严禁进入铲斗回转半径范围。必须待挖掘机停止作业后，方准进入铲斗回转半径范围内清土。

二、装卸搬运安全要求

1. 使用手推车装运物料，必须平稳，掌握重心，不得猛跑或撒把溜车。前后车距平地不得少于 2 m。下坡时不得少于 10 m。向槽内下料，槽下不得有人，槽边卸料，车轮应挡掩，严禁猛推和撒把倒料。

2. 两人抬运，上下肩要同时起落，多人抬运重物时，必须由专人统一指挥、同起同落、步调一致、前后互相照应，注意脚下障碍物，并提醒后方人员，所抬重物离地高度一般 30 cm为宜。

3. 用井架、龙门架、外用电梯垂直运输时，零散材料码放整齐平稳，码放高度不得超过车厢，小推车应打好挡掩。运长料不得高出吊盘(笼)，必须采取防滑落措施。

4. 跟随汽车、拖拉机运料的人员，车辆未停稳不得下车。装卸材料时禁止抛掷，并应按次序码放整齐。随车运料人员不得坐在物料前方。车辆倒退时，指挥人员应站在槽帮的侧面，并且与车辆保持一定距离，车辆行程范围内的砖垛、门垛下不得站人。

5. 装卸搬运危险物品(如炸药、氧气瓶、乙炔瓶等)和有毒物品时，必须严格按安全技术交底措施执行。装卸时必须轻拿轻放，不得互相碰撞或掷扔等剧烈振动。作业人员按要求正确穿戴防护用品，严禁吸烟。

6. 休息时，不得钻到车辆下面休息。

三、人工拆除工程

1. 无安全技术措施的不得盲目进行拆除作业。

2. 拆除作业前必须先将电线、上水、煤气管道、热力设备等干线与该拆除建筑物的支线切断或迁移。

3. 拆除构筑物，应自上而下顺序进行，当拆除某一部分的时候，必须有防止另一部分发生坍塌的安全措施。

4. 拆除作业区应设置危险区域进行围挡。

5. 拆除建筑物的栏杆、楼梯和楼板等，必须与整体拆除工程相配合，不得先行拆掉。建筑物的承重支柱和梁，要等待它所承担的全部结构拆掉后才可以拆除。

6. 拆除建筑物不得采用推倒或拉倒的方法。砍切墙根的深度不能超过墙厚的1/3。墙厚度小于两块半砖的时候，严禁砍切墙根掏掘。为防止墙壁向掏掘方向倾倒，在掏掘前，必须用支撑撑牢。

7. 高处进行拆除工程，要设置溜放槽，以便散碎废料顺槽溜下。较大或沉重的材料，要用绳或起重机械及时吊下运走，严禁向下抛掷。拆除的各种材料及时清理，分别码放在指定地点。

8. 清理楼层施工垃圾，必须从垃圾溜放槽溜下或采用容器运下，严禁从窗口等处抛扔。

9. 清理楼层时，必须注意孔洞，遇有地面上铺有盖板，挪动时不得猛掀，可采用拉开或人抬挪开。

第十六章　职业健康卫生安全生产技术

本章根据电力建设施工的特点，系统地介绍与电力建设施工有关的职业病以及职业危害的主要工种、职业危害程度，使电力建设施工管理人员和施工作业人员初步了解掌握施工现场职业健康卫生安全措施。

第一节　职业健康卫生概述

一、基本概念

职业健康卫生是一门研究劳动作业环境对劳动者健康的影响或危害程度，从而提出如何改善劳动作业环境、防止职业病危害因素的侵袭、预防发生职业病的学科。其主要从作业场所、职业病、职业病危害、职业病危害因素、职业病危害事故和职业健康监护几个方面来研究预防和治疗职业病的途径。

(1) 作业场所，是指劳动者进行职业活动的全部地点。

(2) 职业病，是指企业、事业单位和个体经济组织(统称用人单位)的劳动者在职业活动中，因接触粉尘、放射性物质和其他有毒、有害物质等因素而引起的疾病。

(3) 职业病危害，是指可能导致从事职业活动的劳动者发生职业病的各种危害。

(4) 职业病危害因素，是指在生产过程中、劳动过程中和作业环境中存在的各种有害的化学、物理、生物因素以及在作业过程中产生的其他危害劳动者健康的有害因素。

(5) 职业病危害事故，是指在职业活动中因职业病危害因素引起的急、慢性职业病及死亡的事件。

(6) 职业健康监护，是指对职业人群实行的预防职业病危害，提高员工健康水平为目的的健康监护。

二、职业危害因素分类

(一) 生产工艺过程中的有害因素

1. 化学因素

(1) 有毒物质，如铅、汞、苯、氯、一氧化碳、有机磷农药等；

(2) 生产性粉尘，如矽尘、石棉尘、煤尘、有机粉尘等。

2. 物理因素

(1) 异常气象条件，如高温、高湿、低温等；

(2) 异常气压，如高气压、低气压等；

(3) 噪声、振动；

(4) 非电离辐射如可见光、紫外光、红外光、射频辐射、激光等；

(5) 电离辐射，如 X 射线、γ 射线等。

3. 生物因素

如附着于皮毛上的炭疽杆菌、甘蔗渣上的真菌、医务工作者可能接触到的生物传染性病源物等。

(二) 劳动过程中的有害因素

1. 劳动组织和制度不合理，劳动作息制度不合理等；
2. 精神(心理)性职业紧张；
3. 劳动强度过大或生产定额不当，如安排的作业与劳动者生理状况不相适应等；
4. 个别器官或系统过度紧张，如视力紧张等；
5. 长时间不良体位或使用不合理的工具等。

(三) 生产环境中的有害因素

1. 自然环境中的因素，如炎热季节的太阳辐射；
2. 厂房建筑或布局不合理，如有毒工段与无毒工段安排在一个车间；
3. 由不合理生产过程中所致危害。

在实际生产过程中，往往同时存在多种有害因素对劳动者对健康产生联合作用。

第二节　电力建设项目施工中存在的职业病

一、职业中毒

1. 铅及其化合物中毒(蓄电池，油漆、喷漆等)。
2. 汞及其化合物中毒(仪表制作)。
3. 锰及其化合物中毒(电焊)。
4. 磷及其化合物中毒(不包括磷化氢、磷化锌、磷化铝)。
5. 砷及其化合物中毒(不包括砷化氢)。
6. 二氧化硫中毒(酸洗、硫酸除锈、电镀)。
7. 氨中毒(晒图)。
8. 氮氧化合物中毒[接触硝酸、放炮(TNT 炸药)、锰烟]。
9. 一氧化碳中毒(煤气管道修理、冬季取暖)。
10. 二氧化碳中毒(接触煤烟)。
11. 硫化氢中毒(下水道作业工人)。
12. 四乙基铅中毒(含铅油库、驾驶、汽修)。
13. 苯中毒(油漆、喷漆、烤漆、浸漆)。
14. 甲苯中毒(油漆，喷漆、烤漆、浸漆)。
15. 二甲苯中毒(油漆、喷漆、烤漆、浸漆)。
16. 汽油中毒(驾驶、汽修、机修、油库工等)。
17. 氯乙烯中毒(粘接、塑料、制管、焊接、玻纤瓦、热补胎)。

18. 苯的氨基及化合物(不包括三硝基甲苯)中毒。
19. 三硝基甲苯中毒(放炮、装炸药)。

二、尘肺

1. 矽肺(石工、风钻工、炮工、出碴工等)。
2. 石墨尘肺(铸造)。
3. 石棉肺(保温及石棉瓦拆除)。
4. 水泥尘肺(水泥库、装卸)。
5. 铝尘肺(铝制品加工)。
6. 电焊工尘肺(电焊、气焊)。
7. 铸工尘肺(浇铸工)。

三、物理因素职业病

1. 中毒(露天作业、锅炉等)。
2. 减压病(潜涵作业、沉箱作业)。
3. 局部振动病(制管、振动棒、风铆、电钻、校平)。

四、职业性皮肤病

1. 接触性皮炎(中国漆、酸碱)。
2. 光敏性皮炎(沥青、煤焦油)。
3. 电光性皮炎(紫外线)。
4. 黑变病(沥青熬炒)。
5. 痤疮(沥青)。
6. 溃疡(铬、酸、碱)。

五、职业性眼病

1. 化学性眼部烧伤(酸、碱、油漆)。
2. 电光性眼炎(紫外线、电焊)。
3. 职业性白内障[含放射性白内障(激光)]。

六、职业性耳鼻喉口腔疾病

1. 噪声聋(铆工、校平、气锤)。
2. 铬鼻病(电镀作业)。

七、职业性肿癌

1. 石棉所致肺癌、间皮癌(保暖工及石棉瓦拆除)。
2. 苯所致白血病(接触苯及其化合物油漆、喷漆)。
3. 铬酸盐制造业工人肺癌(电镀作业)。

八、其他职业病

1. 化学灼伤(沥青、强酸、强碱、煤焦油)。
2. 金属烟热(锰烟、电焊镀锌管、熔铅锌)。
3. 职业性哮喘(接触易过敏之土漆、樟木、苯及其化合物)。
4. 职业性病态反应性肺泡炎(接触中国漆、漆树等)。
5. 牙酸蚀病(强酸)。

第三节　电力建设存在职业危害的主要工种

根据职业病的种类,电力建设施工过程中已列入有关工种和现虽尚未列入但确有职业病危害的工种相当广泛。主要工种详见表 16-1。

表 16-1　电力建设职业危害的工种

有害因素分类	主要危害	次要危害	危害的主要工作
粉尘	矽尘	岩石尘、黄泥沙尘、噪声、振动、三硝基甲苯	石工、碎石机工、碎砖工、掘进工、风钻工、炮工、出碴工
		高温	筑炉工
		高温、锰、磷、铅、三氧化硫等	型砂工、喷砂工、清砂工、浇铸工、玻璃打磨等
	石棉尘	矿渣棉、玻纤尘	安装保温工、石棉瓦拆除工
	水泥尘	振动、噪声	混凝土搅拌机司机、砂浆搅拌机司机、水泥上料工、搬运工、料库工
		苯、甲苯、二甲苯、环氧树脂	建材、建筑科研所试验工、公司材料试验工
	金属尘	噪声、金钢砂尘	砂轮磨锯工、金属打磨工、金属除锈工、钢窗校直工、钢模板校平工
	木屑尘	噪声及其他粉尘	制材工、平刨机工、压刨机工、平光机工、开榫机工、凿眼机工
	其他粉尘	噪声	生石灰过筛工、河沙运料、上料工
铅	铅尘、铅烟、铅蒸气	硫酸、环氧树脂、乙二胺甲苯	充电工、铅焊工、溶铅、制铅板、除铅锈、锅炉管端退火工、白铁工、通风工、电缆头制作工、印刷工、铸字工、管道灌铅工、油漆工、喷漆工
四乙铅	四乙铅	汽油	驾驶员、汽车修理工、油库工

续表 16-1

有害因素分类	主要危害	次要危害	危害的主要工作
苯、甲苯、二甲苯		环氧树脂、乙二胺、铅	油漆工、喷漆工、环氧树脂涂刷工、油库工、冷沥青涂刷工、浸漆工、烤漆工、塑料件制作和焊接工
高分子化合物	聚氯乙烯	铅及化合物、环氧树脂、乙二胺	粘接、塑料、制管、焊接、玻璃瓦、热补胎
锰	锰尘、锰烟	红外线、紫外线	电焊工、气焊工、对焊工、点焊工、自动保护焊、惰性气体保护焊、冶炼
铬氰化合物	六价铬、锌、酸、碱	六价铬、锌、酸、碱、铅	电镀工、镀锌工
氨			制冷安装、冻结法施工、熏图
汞	汞及其化合物		仪表安装工、仪表监测工
二氧化硫			硫酸酸洗工、电镀工、冲电工、钢筋等除锈、冶炼工
氮氧化合物	二氧化碳	硝酸	密闭管道、球罐、气柜内电焊烟雾、放炮、硝酸试验工
一氧化碳	CO	CO_2	煤气管道修理工、冬期施工暖棚、冶炼、铸造
辐射	非电离辐射	紫外线、红外线、可见光、激光、射频辐射	电焊工、气焊工、不锈钢焊接工、电焊配合工、木材烘干工、医院同位素工作人员
	电离辐射	X 射线、γ 射线、α 射线、超声波	金属和非金属探伤试验工、氩弧焊工、放射科工作人员
噪声		振动、粉尘	离心制管机、混凝土振动棒、混凝土平板振动器、电锤、汽锤、铆枪、打桩机、打夯机；风钻、发电机、空压机、碎石机、砂轮机、推土机、剪板机、带锯、圆锯、平刨、压刨、模板校平工、钢窗校平工
振动	全身振动	噪声	锻、气锻工，桩工，打桩机司机，推土机司机，汽车司机，小翻斗车司机，吊车司机，打夯机司机，挖掘机司机，铲运机司机，离心制管工
	局部振动	噪声	风钻工、风铲工、电钻工、混凝土振动棒、混凝土平板振动器、手提式砂轮机、钢模校平、钢窗校平工、铆枪

第四节　职业危害程度及防止措施

一、电力建设施工企业职业危害防止的通用措施

1. 应定期对从事有毒有害作业的工人进行健康体检。

2. 对可能存在毒物危害的现场按规定采取防护措施。

3. 对患有皮肤病、眼结膜病、外伤及有过敏反应者，不得安排其从事有毒物危害的工作。

4. 按规定配备劳动防护用品，并经常检查使用情况，以加强个人防护。

5. 从事有毒有害作业人员不得在作业场所内吸烟、吃食物，饭前、班后必须洗手、漱口。

6. 注意劳逸结合，避免疲劳作业、带病作业以及其他因作业者的身体条件不适、可能危害其健康或受伤的作业。

7. 搞好工地食堂卫生，防止食物中毒。

8. 作业场所应通风良好，可采用自然通风或局部机械通风。

9. 凡有职业性接触毒物的作业场所，必须采取措施限制毒物浓度符合国家规定标准。

二、粉尘危害及防止措施

（一）粉尘危害

粉尘是指能够较长时间浮游于空气中的固体微粒。从胶体化学观念来看，粉尘是固态分散性气溶胶。其分散质是空气，分散相是固体微粒。粉尘对人体的危害程度与其理化性质有关，与其生物学作用及防尘措施等也有密切的关系。在卫生学上，常见的粉尘理化性质包括粉尘的化学成分、分散度、溶解度、密度、形状、硬度、荷电性和爆炸性等。在生产中，与生产过程有关而形成的粉尘叫做生产性粉尘。生产性粉尘对人体有多方面的不良影响，尤其是含有游离二氧化硅的粉尘，能引起严重的职业病——矽肺。在电力建设施工中粉尘对人体的危害最主要的是尘肺病。

1. 生产性粉尘的来源

生产性粉尘来源于以下几方面：

（1）固体物质的机械加工、粉碎，其所形成的尘粒，小者可为超显微镜的微细粒子，大者肉眼即可见到，如金属的研磨、切削，矿石或岩石的钻孔、爆破、破碎、磨粉以及粮谷加工等；

（2）物质加热时产生的蒸汽在空气中凝结、氧化，其所形成的微粒直径多小于 1 μm，如熔炼黄铜时，锌蒸气在空气中冷凝、氧化形成氧化锌烟尘；

（3）有机物质的不完全燃烧，其所形成的微粒直径多在 0.5 μm 以下，如木材、油、煤炭等燃烧时所产生的烟。

此外，钢结构件的除锈喷砂时或在生产中使用的粉末状物质在混合、过筛、包装、搬运

等操作时，以及沉积的粉尘由于振动或气流的影响下重又浮游于空气中（二次扬尘）也是生产性粉尘的来源。

2. 生产性粉尘的分类

生产性粉尘根据其性质可分为以下 3 类。

（1）无机性粉尘

① 矿物性粉尘，例如硅石、石棉、滑石等；

② 金属性粉尘，例如铁、锡、铝、铅、锰等；

③ 人工无机性粉尘，例如水泥、金刚砂、玻璃纤维等。

（2）有机性粉尘

① 植物性粉尘，例如棉、麻、面粉、木材、烟草、茶等；

② 动物性粉尘，例如兽毛、角质、骨质、毛发等；

③ 人工有机粉尘，例如有机燃料、炸药、人造纤维等。

（3）混合性粉尘，系指上述各种粉尘混合存在而言。

在生产环境中，最常见的是混合性粉尘。

3. 生产性粉尘的理化性质

生产性粉尘的理化性质与其生物学作用及防尘措施等有密切关系。在卫生学上有意义的粉尘理化性质有分散度、溶解度、比重、形状、硬度、荷电性、爆炸性及粉尘的化学成分等。

一般认为，矽肺的发生和发展与从事矽尘作业的工龄、粉尘中游离二氧化硅的含量、二氧化硅的类型、生产场所粉尘浓度、分散度、防护措施以及个体条件等有关。一般在接触矽尘 5～10 年才发病，有的可长达 15～20 年。高游离二氧化硅含量的粉尘，也有 1～2 年发病的。其机理是由于矽尘进入肺内后，引起肺泡的防御反应，成为尘细胞。其基本病变是矽结石的形成和弥漫性肺纤维增生。主要是引起肺纤维化改变。

4. 生产性粉尘引起的职业病——尘肺病

生产性粉尘的种类繁多，理化性状不同，对人体所造成的危害是多种多样。就其病理性质可概括为如下几种：

（1）全身中毒性，例如铅、锰、砷化物等粉尘；

（2）局部刺激性，例如生石灰、漂白粉、水泥、烟草等粉尘；

（3）变态反应性，例如大麻、黄麻、面粉、羽毛、锌烟等粉尘；

（4）光感应性，例如沥青粉尘；

（5）感染性，例如破烂布屑、兽毛、谷粒等粉尘有时附有病菌；

（6）致癌性，例如铬、镍、砷、石棉及某些光感应性和放射性物质粉尘尘肺，如矽尘、矽酸盐尘。

其中以尘肺的危害最为严重，至 2006 年我国已发生各种尘肺病例近 68 万人，死亡近 13 万人，尚有隐患 40 余万人。

尘肺是由于吸人生产性粉尘引起的以肺的纤维化为主的职业病。由于粉尘的性质、成分不同，对肺所造成的损害，引起纤维化程度也有所不同，从病因上分析，可将尘肺分为 6 类，矽肺（吸入含有游离二氧化硅粉尘）、硅酸盐肺、炭尘肺、金属尘肺、混合性尘肺、有机

尘肺。

2002 卫生部与劳动保障部联合发布的《职业病目录》([2002]108 号)公布的职业病名单中,列出了 12 种法定尘肺,即矽肺、煤工尘肺、尘肺、炭黑尘肺、石棉肺、滑石尘肺、水泥尘肺、云母尘肺、陶工尘肺、铝尘肺、电焊工尘肺、铸工尘肺。

一个成年人每天大约需要呼吸 19 m^3 空气,以便从中取得所需的氧气。如果劳动者在含尘浓度高的场所作业,吸入肺部的粉尘量就多,当尘粒达到一定数量时,就会引起肺组织发生纤维化病变,使肺组织逐渐硬化,失去正常的呼吸功能,这就是尘肺病。按发病原因,尘肺可分为 5 类:

(1) 矽肺

吸入含有游离二氧化硅(原称"矽")粉尘而引起的尘肺称为矽肺。电力建设施工中与矽接触的作业是隧道施工、凿岩、放炮、出碴、水泥制品厂的碎石、施工现场的砂石、石料加工、玻璃打磨等。

(2) 硅酸盐肺

吸入含有硅酸盐粉尘而引起的尘肺称为硅酸盐肺。如:石棉肺、滑石肺、水泥肺、云母肺等均属硅酸盐肺。电力建设施工中接触较多的是水泥尘和石棉尘。接触石棉尘,不仅容易发生硅酸盐肺,而且可能导致石棉癌。

(3) 混合性尘肺

吸收含有游离二氧化硅粉尘和其他粉尘而引起的尘肺称为混合性尘肺。如:建筑业、机械制造、修理的翻砂、铸造等作业。

(4) 焊工尘肺

电焊烟尘的成分比较复杂,但其主要成分是铁、硅、锰。其中主要毒物是锰、铁、硅等。毒性虽然不大,但其尘粒极细(5 μm 以下)在空中停留时间较长,容易吸入肺内。特别是在密闭容器及通风除尘差的地方(如锅炉炉膛内、金属管道内)作业,对焊工的健康将造成危害。尘肺就是其中之一。

(5) 其他尘肺

吸入其他粉尘而引起的尘肺称为其他尘肺。如:金属尘肺、木屑尘肺均属其他尘肺。吸入铬、砷等金属粉尘,还可患呼吸系统肿瘤。

患尘肺的发病率,取决于作业场所的粉尘浓度高低和粉尘粒子大小。凡浓度越高、尘粒越小,危害越大,发病率越高。对人体危害最大的是直径 5 μm 以下的细微尘粒,因其可长时间悬浮在空气中,所以最容易被作业人员吸入肺部而患职业性尘肺病。

(二) 防尘技术措施

大中型电力建设项目的防尘技术措施以工厂防尘措施为主。工厂防尘有两套措施办法,即以湿式作业为主的防尘措施办法和在干法生产条件下,采取的密闭、通风、除尘措施办法。电力建设项目施工通常选用密闭、通风、除尘系统。

1. 湿式作业

湿式作业防尘的特点是:防尘效果可靠,易于管理,已为厂矿广泛应用,如石粉厂的水磨石英、陶瓷厂、玻璃厂的原料水辗、湿法拌料,机械制造工业中的水力清砂、水爆清砂等。

2. 密闭、通风、除尘系统

干法生产(粉碎、拌料等)容易造成粉尘飞扬，可采取密闭、通风、除尘的办法，但首先必须对生产过程进行改革，理顺生产流程，实现机械化生产的条件下，才使密闭、通风、除尘的措施有了基础，在手工生产、流程紊乱的情况下，密闭、通风、除尘设备是无法奏效的。密闭、通风、除尘系统是由密闭设备、吸尘罩、通风管、除尘器等几个部分。

(1) 水泥除尘措施

a) 流动搅拌机除尘

在电力建设施工现场搅拌机流动性比较大，因此，除尘设备必须考虑适合流动的特点，既要达到除尘目的，又要做到装、拆方便。

流动搅拌机上有 2 个尘源点：一是向料斗上加料时飞起的粉尘；二是料斗向拌筒中倒料时，从进料口、出料口飞起的粉尘。

采用通风除尘系统。即在拌筒出料口安装活动胶皮护罩，挡住粉尘外扬；在拌筒上方安装吸尘罩，将拌筒进料口飞起的粉尘吸走；在地面料斗侧向安装吸尘罩，将加料时扬起的粉尘吸走，通过风机将空气粉尘送入旋风滤尘器，再通过器内水浴将粉尘降落，被水冲入蓄集池。

b) 水泥制品厂搅拌站除尘

采用混凝土搅拌自动化，由计算机控制混凝土搅拌、输送全系统，这不仅提高了生产效率，减轻了工人劳动强度，同时便于在进料仓上方安装水泥、砂料粉尘除尘器，就可使料斗作业点粉尘降为零，从而达到彻底改善劳动条件的目的。

c) 高压静电除尘

高压静电除尘是静电分离技术之一，已应用于水泥除尘回收。在水泥料斗上方安装吸尘罩，吸取悬浮在空中的尘粒，通过管道输送到绝缘金属筒仓内，仓内装有高压电晕电极，形成高压静电场，使尘粒荷电后贴附在尘源上，尘粒在电场力(包括风力)和自重力作用下，迅速返回尘源，从而达到抑制、回收的目的。

(2) 木屑除尘措施

可在每台加工机械尘源上方或侧向安装吸尘罩，通过风机作用，将粉尘吸入输送管道，再送到蓄料仓内。

(3) 金属除尘措施

钢、铝门窗的抛光(砂轮打磨)作业中，一般较多是采用局部通风除尘系统，或在打磨台工人操作的侧方安装吸尘罩，通过支道管、主道管，将含金属粉尘的空气输送到室外。

总之，采用工程技术措施消除和降低粉尘危害是治本的对策，是防止尘肺发生的根本措施。综上所述，改革工艺过程，湿式作业，密闭、抽风、除尘，个体防护和个人卫生是防止尘肺发生的 4 个重要手段。另外，应加强对电力建设施工现场人员的培训、现场安全检查以及对防尘的综合管理等。

三、毒物危害及防止措施

1. 毒物危害

在电力建设施工过程中，生产性毒物主要来源于原料、辅助材料、中间产品、夹杂物、

半成品、产品、废气、废液及废渣，有时以可能来自加热分解的产物。其形态可以固体、液体、气体的形态存在于施工环境中，主要表现为：气体、蒸汽、雾、烟和粉尘。

(1) 有毒物进入人体的途径

在生产条件下，毒物进入人体主要是经呼吸道或皮肤进入，经过消化道者极少。

a) 经呼吸道进入：是生产毒物进入人体的主要途径，因为整个呼吸道都能吸收毒物，尤其肺泡的吸收能力最大。而肺泡壁表面为含碳酸的液体所湿润，并有丰富的微血管，所以肺泡对毒物的吸收极其迅速。

b) 皮肤：经皮肤吸收毒物有 3 种，即通过表皮屏障、通过毛囊、通过汗腺导管(极少)进入人体。

c) 经消化道进入：这种途径极少见，大多是不遵守卫生制度引起，如工人在有毒的车间进食或污染了毒物的手取食物，或由于误食所致。

(2) 窒息性气体危害、性能及常见的症状

窒息性气体是指进入人体后，使血液的运氧能力，或组织利用氧的能力发生障碍，结果造成身体组织缺氧的有害气体。常见的窒息性气体有一氧化碳、硫化氢和氰化物。

一氧化碳为无色、无味、无刺激性气体，相对密度 0.967，几乎不溶于水，空气中含量达到 12.5%时可发生爆炸。同时也是含碳物质不完全燃烧的产物。在电力建设施工常见的是工地取暖或加热煤炉和宿舍取暖煤炉，由于门窗密闭，而发生一氧化碳中毒。

一氧化碳的急性中毒最常见：

a) 轻度中毒：主要表现为头痛、头晕、恶心、有时呕吐、全身无力。只要脱离现场，吸入新鲜空气，症状可消失。

b) 中度中毒：除上述症状外，初期可有多汗、烦躁、脉搏快等症状并很快进入昏迷状态。如抢救及时，可较快苏醒。

c) 重度中毒：吸入高浓度一氧化碳，患者突然昏倒，迅速进入昏迷，经及时抢救可逐渐恢复，时间长了，可窒息死亡。

其预防措施主要是搞好通风设施，严加看管煤炉。

(3) 铅中毒

铅是通过呼吸道吸入人体的。其特点是吸收快、毒性大，从其他途径侵入占的比例很小。

中毒的表现：大多表现为慢性中毒，一般常有疲乏无力，口中有金属味，食欲不振，四肢关节肌肉酸痛等。随着病情加重可累及各系统：

a) 神经系统：神经衰弱症是出现较早的症状，如头痛、头昏、疲乏无力、记忆力减退、睡眠障碍(失眠)、烦躁、关节酸痛等。

b) 消化系统：常见的有食欲不振，口内有金属味，腹部不适、腹痛、腹泻或便秘，甚至可出现腹部绞痛。

c) 血液系统：铅中毒时，少数患者可出现轻度贫血，经驱铅治疗后迅速恢复。

(4) 锰中毒

锰是一种灰白色硬脆的金属，用途广泛，在电力建设施工中主要是各类焊工及其配合工接触。焊条中含锰约 10%～50%。焊接时发生大量的锰烟尘。车间焊接作业场空气

中锰烟尘浓度可达到 3.36 mg/m³(超标 17 倍),而工地简易焊接工棚(或锅炉炉膛内、金属管道内),房屋低矮,空间狭小,通风不良,锰烟尘浓度高达 4.43 mg/m³(超标 22 倍),特别是密闭性锅炉炉膛、气柜、水箱及工业管道内焊接,锰烟尘浓度甚至高达 49.27 mg/m³(超标 246 倍),锰蒸气在空气中能很快地氧化成灰色的一氧化锰(MnO)及棕红色的四氧化三锰(Mn_3O_4)烟。长期吸入超过允许浓度的锰及其化合物的微粒和蒸气,则可能造成锰中毒。

焊工的锰中毒,主要是发生在高锰焊条和高锰钢焊接中,发病较慢,大多在接触 3～5 年以后,甚至可长达 20 年才逐渐发病。初期表现为疲劳乏力,时常头痛头晕、失眠,记忆力减退,以及植物神经功能紊乱。

锰中毒主要是锰的化合物引起的,急性锰中毒较为少见,如连续焊接吸入大量氧化锰时,也可发生"金属烟雾热"。电焊工人如在作业环境通风不良的管道、坑道、球罐、水箱内焊接,可能出现头痛、恶心、寒颤、高热,以及咽痛、咳嗽、气喘等症状。

(5) 苯中毒

在电力建设施工中,油漆、喷漆、环氧树脂、冷沥青、粘接、塑料以及机件的浸洗等,均用苯作为有机溶剂、稀释剂和清洗剂。有些胶粘剂含苯、甲苯或丙酮的浓度高,容易发生急性苯中毒。联苯胺易诱发膀胱癌。

苯中毒的表现为:

a) 急性中毒:通风不良,而又无有效的个人防护措施时,最易发生急性中毒,主要是中枢神经系统的麻醉作用。严重者神志突然丧失,迅速昏迷、抽风、脉搏减弱、血压降低,呼吸急促表浅,以至呼吸循环衰竭,如抢救及时,多数可以恢复;若不及时,可因呼吸中枢麻痹而死亡。

b) 慢性中毒:长期吸入低浓度的苯蒸气,可能造成慢性苯中毒。女性可出现月经过多。部分病人可出现红细胞减少和贫血,有的甚至出现再生不良或再生障碍性贫血。个别患者也有发生白血病的。

接触苯的工人,可以出现皮肤干燥发红、疱疹、皮炎、湿疹和毛囊炎等。此外,苯还对肝脏有损害作用。

2. 防毒技术措施

(1) 在职业中毒的预防上,管理和生产部门应采取的措施

a) 加强管理,要搞好防毒工作。

b) 严格执行劳动保护法规和卫生标准。

c) 对新建、改建、扩建的工程,一定要做到主体工程和防毒设施的设计、施工及投产"三同时"。

d) 依靠科学技术,提高预防中毒的技术水平。包括:

① 改革工艺;

② 禁止使用危害严重的化工产品;

③ 加强设备的密闭化;

④ 加强通风。

(2) 对生产工人应采取的预防职业中毒的措施

a）认真执行操作规程，熟练掌握操作方法，严防错误操作。

b）穿戴好个人防护用品。

（3）防止铅毒的技术措施

铅中毒是可以预防的。只要积极采取措施，改善劳动条件，降低生产环境空气中铅烟浓度，达到国家规定标准 0.03 mg/m³，铅尘浓度在 0.05 mg/m³ 以下，就可以防止铅中毒。

a）消除或减少铅毒发生源。

b）改进工艺，使生产过程机械化、密闭化，减少对铅烟或铅尘接触的机会。

c）加强个人防护及个人卫生。

（4）防止锰毒的技术措施

预防锰中毒，最主要的是应在那些通风不良的电焊作业场所采取措施，使空气中锰烟浓度降低到 0.2 mg/m³ 以下。

预防锰中毒主要应采取下列具体防护措施：

a）焊接作业场所应通风良好。可视情况在焊接作业点装设局部排烟装置、采取局部通风或全面通风换气措施，以降低现场浓度。

b）分散焊接点可设置移动式锰烟除尘器，集中焊接场所可采用机械抽风系统。

c）尽量采用低尘低毒焊条或无锰焊条；用自动焊代替手工焊等。

d）工作时戴手套、口罩；饭前洗手漱口；下班后全身淋浴；不在焊接场所休息、吸烟、喝水、进食。

e）流动频繁、每次作业时间较短的焊接作业，焊接操作应选择在上风方向进行，以减少锰烟尘危害。

f）在锅炉炉膛内、金属管道内、容器内施焊时，其应有进、出风口，装设通风设备，焊接操作时应有人在场监护。

g）在密闭容器内施焊时，容器必须有可靠的接地，设置良好的通风和监护，且严禁向容器内输入氧气。

（5）预防苯中毒的措施

电力建设施工使用油漆、喷漆的工人较多，施工前应采取综合性预防措施，使苯在空气中的浓度下降到国家卫生标准（40 mg/m³）以下（甲苯、二甲苯为 100 mg/m³）。主要应采取以下措施。

a）用无毒或低毒物代替苯。

b）油漆配料应有较好的自然通风条件，并减少连续作业时间。

c）在喷漆操作上采用新的工艺。

d）采用密闭的操作和局部抽风排毒设备。

e）在进入密闭的场所，如地下室、油罐等环境内进行有害或刺激性较大的涂料作业时，除应戴防毒面具外，还应采取人员轮流间歇、通风换气等措施。

f）通风不良的车间、地下室、防水池内涂刷各种防腐涂料或环氧树脂玻璃钢等作业，必须根据场地大小，采取多台抽风机把苯等有害气体抽出室外，以防止急性苯中毒。

g）施工现场油漆配料房，应改善自然通风条件，减少连续配料时间，防止发生苯中毒

和铅中毒。

h）喷漆应采用密闭喷漆间。在较小的喷漆室内进行小件喷漆，应采用隔离防护措施，如采取水幕隔离的防护措施，即工人在水幕外面操纵喷枪，喷嘴在水幕内喷漆。

总之，生产过程的密闭化、自动化是解决毒物危害的根本途径。采用无毒、低毒物质代替有毒或高毒物质是从根本上解决毒物危害的首选办法。综上所述，密闭、通风排毒系统、局部排气罩、排出气体净化、个体防护是控制生产性毒物的主要措施。具体的讲就是：

（1）密闭、通风净化系统

系统由密闭罩、通风管、净化装置和通风机构成。整个系统必须注意安全、防火、防爆问题；正确的选择气体的净化和回收利用，防止二次污染，防止环境污染。

（2）局部排气罩

就地密闭，就地排出，就地净化，是通风防毒工程的一个重要的技术准则。排气罩就是实施毒源控制，防止毒物扩散的具体技术装置。

a）密闭罩

在工艺条件允许的情况下，尽可能将毒源密闭起来，然后通过通风管将含毒空气吸出，送往净化装置。若通风量不足，密闭罩内保持不了负压状态，则毒物可能溢出罩外，起不到控制作用。

b）开口罩

在生产工艺操作不可能采取密闭罩排气时，可按生产设备和操作的特点，设计开口式的排气罩，开口罩按结构形式，分为上口吸罩、侧吸罩和下吸罩。

开口罩的排气量是由毒物的种类、毒源扩散状态和开口罩吸入速度场的特性所决定的。

c）伞形罩

伞形罩是一种典型的上吸罩，罩口是否有吸入效果，可用发烟剂来检查，检查时，注意观察烟气被吸入罩口的范围，判断是否将排出物吸入罩口。

d）通风橱

通风橱是密闭与侧吸罩相结合的一种特殊排气罩，可以将产生有害物的操作和设备完全放在通风橱内。通风橱排风量的设计，关键在于保证操作小门具备必要的吸入风速。一般对无毒有害物吸入风速可在 0.25 m/s～0.37 m/s，有毒、有危险的有害物或极毒、少量放射性有害物必须在 0.5 m/s～0.6 m/s 以上。

（3）排出气体的净化

工业排气的无害化排放，是通风防毒工程必须遵守的重要准则，根据输送介质特性和生产工艺的不同，有害气体的净化方法也有所不同，大致分为洗涤法、吸附法、袋滤法、静电法、燃烧法和高空排放法。确定净化方案的原则是：

a）设计前，必须确定有害物质的成分、含量、毒性等理化指标。

b）确定有害物质的净化目标和综合利用方向，应符合卫生标准和环境保护标准的规定。

c）净化设备的工艺特性，必须与有害介质的特性相一致。

d）落实防火、防爆的特殊要求。

（4）个体防护

接触毒物作业人员的个体防护有特殊意义，毒物侵入人体的门户，除呼吸道外，经口、经皮肤都可侵入。因此凡是接触毒物的作业都应规定有针对性的个人防护和个人卫生制度，必要时应列入操作规程，比如不准在作业场所吸烟、吃东西、班后洗澡、不准将工作服带回宿舍等。

属于作业场所的保护用品有防护服装、防尘口罩和防毒面具。

a）防护服装

包括防护服、鞋、帽、眼镜、手套等。为防止毒物经皮肤侵入人体或损伤人体，对防护服装的选择、设计应有利于防毒、轻便、耐用，不影响体温调节。有专用柜存放，禁止穿防护服去食堂、浴室、宿舍等。经常清洗、保持健康，必要时进行化学处理。

b）防毒口罩和防毒面具

防毒口罩和防毒面具属呼吸防护器，种类很多，防护原理可分为过滤式和隔离式2大类。

① 过滤式。将空气中的有害物质过滤净化，达到防护目的。在作业场所空气中有害物质的浓度不很高的情况下，佩戴此类防护器。这类防护器又分为机械过滤式和化学过滤式2种。

② 隔离式。佩戴者呼吸所需的空气（氧气），不直接从现场空气中吸取，而是从另外的供气系统供给。按照供气的方式可分为自给式与输入式2种。

四、放射线、弧光辐射的危害及防护措施

1. 放射线危害

电力建设施工中常用X射线和γ射线，进行工业探伤、焊缝质量检查照片等。

放射性伤害，主要是可使接受者出现造血障碍，白血球减少，代谢机能失调，内分泌障碍，再生能力消失，内脏器官变性，女职工生产畸形婴儿等。

2. 弧光辐射的危害

对电力建设施工来说主要是紫外线的危害。

适量的紫外线对人的身体健康是有益的。但长时间，受焊接电弧产生的强烈紫外线照射对人的健康是有一定危害的。

手工电弧焊、氩弧焊、二氧化碳气体保护焊和等离子弧焊等作业，都会产生紫外线辐射。其中二氧化碳气体保护焊弧光强度是手工电弧焊的2～3倍。

紫外线对人体的伤害是由于光化学作用，主要造成对皮肤和眼睛的伤害。

3. 弧光辐射、红外线、紫外线的防护措施

（1）夏季强烈的太阳光线中，含有红外线和紫外线，生产中的红外线和紫外线主要来源于火焰和加热的物体，如锻造的加热炉、气焊和气割等。

（2）为了保护眼睛不受电弧的伤害，焊接时必须使用镶有特制防护眼镜片的面罩。可根据焊接电流强度和个人眼睛情况，选择吸水式滤光镜片或是反射式防护镜片。

（3）为防止弧光灼伤皮肤，焊工必须穿好工作服、戴好手套和鞋帽等。

(4) 放射性的防护分外防护和内防护。外防护的基本防护方法有时间防护、距离防护和屏蔽防护，通称“外防护三原则”。内防护的基本方法有围封隔离、除污保洁和个人防护等综合性防护措施。

五、噪声危害及防止措施

1. 噪声危害

在电力建设施工过程中由于机器转动、气体排放、工件撞击与摩擦等所产生的噪声，称之为生产性噪声。生产性噪声也可归纳为以下 4 类。

(1) 机械性噪声：即由机械的撞击、摩擦、敲打、切削、转动等而发生的噪声。如风钻、风镐、混凝土搅拌机、混凝土振动器、离心制管机；木材加工的带锯、圆锯、平刨；金属加工的车床、钢模板及钢窗校平等发生的噪声。

(2) 空气动力性噪声：如通风机、鼓风机、空气压缩机、铆枪、空气锤打桩机、电锤打桩机等发出的噪声。

(3) 电磁性噪声：如发电机、变压器等发出的噪声。

(4) 爆炸性噪声：如放炮作业过程中发出的噪声。

由于长时间接触噪声导致的听阈升高，不能恢复到原有水平的称为永久性听力阈移，临床上称之为噪声聋。

噪声不仅损害人的听觉系统，造成职业性耳聋、爆炸性耳聋，严重者可鼓膜出血，对于非听觉系统如神经系统、心血系统、内分泌系统、生殖系统及消化系统等有影响。如神经系统及植物神经功能紊乱、胃肠功能紊乱等。

2. 防止噪声危害的技术措施

各电力建设施工企业应重视噪声的治理，主要应从 3 个方面着手：消除和减弱生产中噪声源；控制噪声的传播；加强个人防护。

(1) 消除和减弱噪声源。从改革工艺入手，以无声的工具代替有声的工具。

(2) 控制噪声的传播：

a) 合理布局。

b) 应从消声方面采取措施：

① 采用消声措施：装设消声器；

② 采用吸声措施：使用吸音材料和结构，吸收和降低噪声；

③ 采用隔声措施：把发声的物体和场所封闭起来；

④ 采用隔振措施：装设减振器或设置减振垫层、减轻振源声及其传播；

⑤ 采用阻尼措施：用一些内耗损、内摩擦大的材料涂在金属薄扳上，减少其辐射噪声的能量。

(3) 做好个人防护。如及时戴耳塞、耳罩、头盔等防噪声用品。

(4) 定期进行预防性体检。

六、振动危害及防止措施

1. 振动危害

在生产过程中，生产设备、工具的振动称之为生产性振动。电力建设施工产生生产性振动危害的作业主要有：风钻、风铲、铆枪、混凝土振动器、锻锤打桩机、汽车、推土机、铲运机、挖掘机、打夯机、拖拉机、小翻斗车、离心制管机等。在施工中手臂振动所造成的危害较为明显和严重，国家已将手臂振动病列为职业病。

振动危害分为局部症状和全身症状：

局部症状，主要是手指麻木、胀痛、无力、双手震颤，手腕关节骨质变形，指端白指和坏死等；

全身症状，主要是脚部周围神经和血管的改变，肌肉触痛，以及头晕、头痛、腹痛、呕吐、平衡失调及内分泌障碍等。

2. 防止振动危害的技术措施

(1) 隔振，就是在振源与需要防振的设备之间，安装具有弹性性能的隔振装置，使振源产生的大部分振动被隔振装置所吸收。如采用焊接等工艺替代铆接工艺；采用水力清沙替代风铲清沙；工具的金属部件采用塑料或橡胶材料，以减少撞击振动等。

(2) 改革生产工艺，是防止振动危害的治本措施。

(3) 有些手持振动工具的手柄，包扎泡沫塑料等隔振垫，工人操作时戴好专用的防振手套，也可减少振动的危害。

(4) 限制作业时间和振动强度。

七、高温作业及防止措施

1. 高温作业

(1) 高温作业的概念

在电力建设施工中露天作业，常可遇到气温高、湿度大、强热辐射等不良气象条件。如果施工环境气温超过 35℃或辐射强度超过 1.5 cal/(cm^2 · min)，或气温在 30℃以上，相对湿度 80%的作业，称为高温作业。

(2) 高温作业对人体的影响

a) 体温和皮肤温度升高，它是体温调节障碍的主要标志；

b) 水盐代谢的改变；

c) 循环系统的改变；

d) 消化系统的改变；

e) 神经系统的改变；

f) 泌尿系统的改变。

(3) 中暑的特征

中暑可分热射病、热痉挛和日射病。但在临床往往难以严格区别，而且常以混合式出现，故统称为中暑。

在实际工作中遇到中暑的病例，常常是 3 种类型的综合表现。中暑的原因是很复杂

的，并不单纯由太阳照射头部而引起，而与劳动量大小，水盐丧失情况，营养状况、性别（女多于男）等条件有密切关系，症状虽然有日射病的表现，但常有体温升高，有时还有肌肉痉挛现象。

2. 防暑降温措施

（1）为了补偿高温作业工人因大量出汗而损失的水分和盐分，最好的办法是供给含盐饮料，或供应清热解暑的绿豆汤、西瓜等。

（2）对高温作业工人应进行体格检查，凡有心血管器质性疾病者不宜从事高温作业。

（3）调整作业时间，尽量避开高温时段施工。

（4）炎热季节施工，施工现场应配备必备的防暑药品（如清凉油、人丹、十滴水等）；此外，医务人员要到现场巡回医疗，发现中暑，要立即抢救。

（5）采用自然通风或机械通风来达到通风降温的效果。

第十七章　施工现场防火安全生产技术

本章针对电力建设施工的特点，结合施工过程中重点部位，关键环节和施工现场的环境确定防火的重点。分五节介绍消防安全，即消防安全的一般常识、施工现场仓库的防火、施工现场的防火、消防器材的配置使用、消防安全管理。

第一节　消防安全一般常识

一、常用概念

1. 防火

我国消防工作的方针是“以防为主，防消结合”。“以防为主”就是要把预防火灾的工作放在首要的地位，要开展防火安全教育，提高人民群众对火灾的警惕性；健全防火组织，严密防火制度，进行防火检查，消除火灾隐患，贯彻建筑防火措施等。只有抓好“防火”，才能把可能引起火灾的因素消灭在起火之前，减少火灾事故的发生。

“防消结合”就是在积极做好防火工作的同时，在组织上、思想上、物质上和技术上做好灭火战斗的准备。一旦发生火灾，就能迅速地赶赴现场，及时有效地将火灾扑灭。“防”和“消”是相辅相成的两个方面，是缺一不可的，因此，这两方面的工作都要积极做好。

2. 火灾、火灾的分级和分类

GB 5907—1986《防消基本术语　第一部分》将火灾定义为：在时间和空间上失去控制的燃烧所造成的灾难。

火灾等级划分为3类：

(1) 具有下列情形之一的火灾，为特大火灾；死亡十人以上(含本数、下同)；重伤二十人以上；死亡、重伤二十人以上；受灾五十户以上；直接财产损失一百万元以上。

(2) 具有下列情形之一的火灾，为重大火灾；死亡三人以上；重伤十人以上；死亡、重伤十人以上；受灾三十户以上；直接财产损失三十万元以上。

(3) 不具有前列两项情形的火灾，为一般火灾。

GB 4968—1985《火灾分类》中按物质的燃烧特性将火灾分为4类。

A类火灾：是指固体物质火灾，这类物质往往具有有机物，一般在燃烧时能产生灼热的灰烬，如木材、棉、毛、麻、纸张火灾等；

B类火灾：是指液体火灾和可熔化的固体物质火灾，如汽油、煤油、柴油、原油、甲醇、乙醇、沥青、石蜡火灾等；

C类火灾：是指气体火灾，如煤气、天然气、甲烷、乙烷、丙烷、氢气火灾等；

D类火灾：是指金属火灾，如钾、钠、镁、钛、锆、锂、铝镁合金火灾等。

3. 起火条件

起火必须具备3个条件：

(1) 有可燃物质的存在。不论固体、液体、气体，凡能与空气中的氧或其他氧化剂起剧烈反应的物质，一般都称为可燃物质。如：木材、纸张、汽油、酒精、氢等。

(2) 有助燃物质的存在。凡能帮助和支持燃烧的物质都叫助燃物。如：空气、氧气及氧化剂等。

(3) 有能使可燃物燃烧的着火源的存在。如：明火焰、撞击、炽热物体、化学反应、火星和电火花等。

可燃物、助燃物和着火源是构成燃烧的三要素，缺少其中任何一个，都不能形成燃烧。对于已经进行的燃烧，若消除其中任何一个条件，燃烧就会停止，这也是灭火的基本原理。

4. 自燃

可燃物质在无外界火源的直接作用下，常温中自行发热，或由于物质内部的物理(如辐射、吸附等)、化学(如细菌、腐败作用等)反应过程所提供的热能聚积起来，使其达到自燃温度，从而发生自行燃烧。

5. 燃点、自燃点和闪点

(1) 燃点是指可燃物质加温受热，并点燃后，所放出的燃烧热，能使该物质挥发出足够的可燃蒸气来维持其燃烧。这种加温该物质形成连续燃烧所需的最低温度，即为该物质的燃点。物质的燃点越低，则物质越容易燃烧。

(2) 可燃物质在没有外界火花和火焰的条件下能自行燃烧的最低温度称为自燃点。物质的自燃点越低，发生起火的危险性就越大。

(3) 闪点是指易燃液体表面挥发出的蒸气浓度足以引起闪燃的最低温度。饱和蒸气压力越大，闪点就越低。

6. 爆炸、爆炸极限

(1) 物质自一种状态迅速地转变为另一种状态，并在极短的时间内放出巨大能量的现象，称为爆炸。爆炸时，温度与压力急剧升高，产生爆破或冲击作用。

爆炸按能量的来源可分为核爆炸、物理爆炸和化学爆炸3类。按反应相态的不同可分为气相爆炸、液相爆炸和固相爆炸3类。

(2) 当可燃气体、可燃粉尘、可燃液体蒸气与空气(或氧气)混合达到一定浓度时，遇到明火就会发生爆炸。这个遇到火源能够发生爆炸的浓度范围，叫做爆炸浓度极限或爆炸极限。一种可燃气体或可燃液体蒸气的爆炸极限，也不是固定不变的，它们受温度、压力、含氧量、容器的直径等因素的影响。

二、火灾危险性分类

火灾危险性质分类的目的，是为了便于在工业建筑防火要求上区别对待，使工厂厂房和库房既安全又经济。

1. 按生产过程中的使用或生产物质的火灾危险性划分生产的火灾危险性分类。该项分类共分为甲、乙、丙、丁、戊5个类别，见表17-1。

表 17-1 生产的火灾危险性分类

生产类别	火灾危险性特征
甲	使用或产生下列物质的生产： 1.闪点＜28℃的液体 2.爆炸下限＜10%的气体 3.常温下能自行分解或在空气中氧化即能导致迅速自燃或爆炸的物质 4.常温下受到水或空气中水蒸气的作用，能产生可燃气体并引起燃烧或爆炸的物质 5.遇酸、受热、撞击、摩擦、催化以及遇有机物或硫磺等易燃的无机物，极易引起燃烧或爆炸的强氧化剂 6.受撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触时能引起燃烧或爆炸的物质 7.在密闭设备内操作温度等于或超过物质本身自燃点的生产
乙	使用或产生下列物质的生产： 1.闪点＞28℃至＜60℃的液体 2.爆炸下限≥10%的气体 3.不属于甲类的氧化剂 4.不属于甲类的化学易燃危险固体 5.助燃气体 6.能与空气形成爆炸性混合物的浮游状态的粉尘、纤维、闪点≥60℃的液体雾滴
丙	使用或产生下列物质的生产： 1.闪点≥60℃的液体 2.可燃固体
丁	具有下列情况的生产： 1.对为燃烧物质进行加工，并在高温或熔化状态下经常产生强辐射热、火花或火焰的生产 2.利用气体、液体、固体作为燃料或将气体、液体进行燃烧作其他用的各种生产 3.常温下使用或加工难燃烧物质的生产
戊	常温下使用或加工不燃烧物质的生产

注：在生产过程中，如使用或产生易燃、可燃物质的量较少，不足以构成爆炸或火灾危险时，可以按实际情况确定其火灾危险性的类别。

2. 按物品在储存过程中的火灾危险性分为储存物品的火灾危险性分类。该项分类也是分为甲、乙、丙、丁、戊 5 个类别，见表 17-2。

表 17-2　储存物品的火灾危险性分类表

储存物品类别	火灾危险性特征
甲	1. 闪点＜28℃的液体 2. 爆炸下限＜10%的气体，以及受到水或空气中水蒸气的作用，能产生爆炸下限＜10%气体的固体物质 3. 常温下能自行分解或在空气中氧化即能导致迅速自燃或爆炸的物质 4. 常温下受到水或空气中水蒸气的作用，能产生可燃气体并引起燃烧或爆炸的物质 5. 遇酸、受热、撞击、摩擦、催化以及遇有机物或硫磺等易燃的无机物，极易引起燃烧或爆炸的强氧化剂 6. 受撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触时能引起燃烧或爆炸的物质
乙	1. 闪点≥28℃至＜60℃的液体 2. 爆炸下限≥10%的气体 3. 不属于甲类的氧化剂 4. 不属于甲类的化学易燃危险固体 5. 助燃气体 6. 常温下与空气接触能缓慢氧化，积热不散引起自燃的物品
丙	1. 闪点≥60℃的液体 2. 可燃固体
丁	难燃烧物品
戊	不燃烧物品

三、动火区域划分

根据电力建设工程选址位置，施工周围环境，施工现场平面布置，施工工艺，施工部位不同，其动火区域分为一、二、三级。

1. 一级动火区域也称为禁火区域，凡属下列情况的均属此类：

（1）在生产或贮存易燃易爆物品场区，进行新建、扩建、改建工程的施工现场；

（2）建筑工程周围存在生产或贮存易燃易爆品的场所，在防火安全距离范围内的施工部位；

（3）施工现场内贮存易燃易爆危险物品的仓库、库区；

（4）施工现场木工作业处和半成品加工区；

（5）在比较密封的室内、容器内、地下室等场所，进行配制或调和易燃易爆液体和涂刷油漆作业。

2. 二级动火区域

（1）在禁火区域周围动火作业区；

（2）登高焊接或者气割作业区；

（3）砖木结构临时食堂炉灶处。

3. 三级动火区域；

（1）无易燃易爆危险物品处的动火作业；

（2）施工现场燃煤茶炉处；

（3）冬季燃煤取暖的办公室、宿舍等生活设施。

在一、二级动火区域施工，施工单位必须认真遵守消防法律法规，严格按照有关规定，建立防火安全规章制度。在生产或贮存易燃易爆品的场区施工，施工单位应当与相关单位建立动火信息通报制度，自觉遵守相关单位消防管理制度，共同防范火灾。做到动火作业先申请，后作业，不批准，不动火。

在施工现场禁火区域内施工，应当教育施工人员严格遵守消防安全管理规定，动火作业前必须申请办理动火证，动火证必须注明动火地点、动火时间、动火人、现场监护人、批准人和防火措施。动火证是消防安全的一项重要制度，动火证的管理由安全生产管理部门负责，施工现场动火证的审批由工程项目部负责人审批。动火作业没经过审批的，一律不得实施动火作业。

第二节　施工现场仓库防火

1. 易燃易爆物品仓库的设置

易燃易爆物品的保管应设专库。应在库房 500 m^2 的区域分段设立防火墙，把建筑平面划分为若干个防火单元，以便考虑失火后能阻止火势的扩散。仓库应设在水源充足，消防车能驶到的地方，同时，根据季节风向的变化，应设在下风方向。

储量大的易燃仓库，应与生活区、生活辅助区和堆场分开布置，仓库应设 2 个以上的大门，大门应向外开启。固体易燃物品应当与易燃易爆的液体分间存放，不得在一个仓库内混合储存不同性质的物品。

2. 几种常用易燃材料的储存防火要求

（1）石灰

生石灰能与水发生化学反应，并产生大量热，足以引燃燃点较低的材料，如：木材、稻草、席子等。因此，储存石灰的房间不宜用可燃材料搭设，最好用砖石砌筑。石灰表面不得存放易燃材料，并且要有良好的通风条件。

（2）亚硝酸钠

亚硝酸钠作为混凝土的早强剂、防冻剂，广泛使用在建筑工程的冬期施工中。

亚硝酸钠这种化学材料与硫、磷及有机物混合时，经摩擦、撞击有引起燃烧或爆炸的危险，因此在储存使用时，要特别注意严禁与硫、磷、木炭等易燃物混放、混运。要与有机物及还原剂分库存放，库房要干燥通风。装运氧化剂的车辆，如有散漏，应清理干净。搬运时要轻拿轻放，要远离高温与明火，要设置灭火剂，灭火剂使用雾状水和砂子。

（3）几种防腐蚀材料的储存

环氧树脂、呋喃、酚醛树脂、乙二胺等都是建筑工程常用的树脂类防腐材料，都是易燃液体材料。它们都具有燃点和闪点低、易挥发的共同特性。它们遇火种、高温、氧化剂都有引起燃烧爆炸的危险。与氨水、盐酸、氟化氢、硝酸、硫酸等反应强烈，有爆炸的危险。

因此，在储存、使用、运输时，都要注意远离火种，严禁吸烟，温度不能过高，防止阳光直射。应与氧化剂、酸类分库存放，库内要保持阴凉通风。搬运时要轻拿轻放，防止包装破坏外流。

(4) 油漆稀释剂临时存放

建筑工程施工使用的稀释剂，都是挥发性强、闪点低的一级易燃易爆化学流体材料，诸如汽油、松香水等易燃材料。

油漆工在休息室内不得存放油漆和稀释剂，油漆和稀释剂必须设库存放，容器必须加盖。刷油漆时刷子残留的稀释剂不能放在休息室内，也不能明露放在库内，应当及时妥善处理掉。

3. 易燃易爆物品贮存注意事项

(1) 易燃仓库堆料场与其他建筑物、铁路、道路、高压线的防火间距，应按《建筑设计防火规范》的有关规定执行。

(2) 易燃仓库堆料场物品应当分类、分堆、分组和分垛存放，每个堆垛面积为：木材(板材)不得大于 300 m^2；稻草不得大于 150 m^2；锯末不得大于 200 m^2；堆垛与堆垛之间应留 3 m 宽的消防通道。

(3) 易燃露天仓库的四周内，应有不小于 6 m 的平坦空地作为消防通道，通道上禁止堆放障碍物。

(4) 有明火的生产辅助区和生活用房与易燃堆垛之间，至少应保持 30 m 的防火间距。有飞火的烟囱应布置在仓库的下风地带。

(5) 贮存的稻草、锯末、煤炭等物品的堆垛，应保持良好通风，注意堆垛内的温湿度变化。发现温度超过 38℃，或水分过低时，应及时采取措施，防止其自燃起火。

(6) 在建的建筑物内不得存放易燃易爆物品，尤其是不得将木工加工区设在建筑物内。

(7) 仓库保管员应当熟悉储存物品的分类、性质、保管业务知识和防火安全制度，掌握消防器材的操作使用和维护保养方法，做好本岗位的防火工作。

4. 易燃物品的装卸管理

(1) 物品入库前应当有专人负责检查，确定无火种等隐患后，方可装卸物品。

(2) 拖拉机不准进入仓库、堆料场进行装卸作业，其他车辆进入仓库或露天堆料场装卸时，应安装符合要求的火星熄灭防火罩。

(3) 在仓库或堆料场内进行吊装作业时，其机械设备必须符合防火要求，严防产生火星，引起火灾。

(4) 装过化学危险物品的车，必须清洗干净后方准装运易燃和可燃物品。

(5) 装卸作业结束后，应当对库区、库房进行检查，确认安全后，方可离人。

5. 易燃仓库的用电管理

(1) 仓库或堆料内一般应使用地下电缆，若有困难需设置架空电力线路，架空电力线与露天易燃物堆垛的最小水平距离，不应小于电线杆高度的 1.5 倍。库房内设的配电线路，需穿金属管或用非燃硬塑料管保护。

(2) 仓库或堆料场所严禁使用碘钨灯和超过 60 W 以上的白炽灯等高温照明灯具。

当使用日光灯等低温照明灯具和其他防燃型照明灯具时，应当对镇流器采取隔热、散热等防火保护措施。照明灯具与易燃堆垛间至少保持 1 m 的距离，安装的开关箱、接线盒，应距离堆垛外缘不小于 1.5 m，不准乱拉临时电气线路。贮存大量易燃物品的仓库场地应设置独立的避雷装置。

(3) 库房内不准设置移动式照明灯具。照明灯具下方不准堆放物品，其垂点下方与储存物品水平间距离不得小于 0.5 m。

(4) 库房内不准使用电炉、电烙铁、电熨斗等电热器具和电视机、电冰箱等家用电器。

(5) 库区的每个库房应当在库房外单独安装开关箱，保管人员离库时，必须拉闸断电。禁止使用不合规格的电器保险装置。

第三节　施工现场防火

一、施工现场平面布置的防火要求

1. 电力建设的施工现场要明确划分出禁火作业区(易燃、可燃材料的堆放场地)、仓库区(易燃废料的堆放区)和现场的生活区。各区域之间一定要有可靠的防火间距：

(1) 禁火作业区距离生活区不小于 15 m，距离其他区域不小于 25 m。

(2) 易燃、可燃材料堆料场及仓库距离修建的建筑物和其他区不小于 20 m。

(3) 易燃的废品集中场地距离修建的建筑物和其他区不小于 30 m。

(4) 防火间距内，不应堆放易燃和可燃材料。

2. 施工现场的道路，夜间要有足够的照明设备。禁止在高压架空电线下面搭设临时性建筑物或堆放可燃材料。

3. 施工现场必须设立消防车通道，其宽度应不小于 3.5 m，并且在工程施工的任何阶段都必须通行无阻，施工现场的消防水源，要筑有消防车能驶入的道路，如果不可能修建出通道时，应在水源(池)一边铺砌停车和不小于 12 m×12 m 的回车空地。

4. 建筑工地要设有足够的消防水源(给水管道或蓄水池)，对有消防给水管道设计的工程，应在建筑施工时，先敷设好室外消防给水管道与消火栓。

5. 临时性的建筑物、仓库以及正在修建的建(构)筑物道旁，都应该配置适当种类和一定数量的灭火器，并布置在明显和便于取用的地点。冬期施工还应对消防水池、消火栓和灭火器等做好防冻工作。

6. 作业棚和临时生活设施的规划和搭建，必须符合下列要求：

(1) 临时生活设施应尽可能找寻在距离修建的建筑物 20 m 以外的地区，禁止搭设在高压架空电线的下面，距离高压架空电线的水平距离不应小于 6 m。

(2) 临时宿舍与厨房、锅炉房、变电所和汽车库之间的防火距离，应不小于 15 m。

(3) 临时宿舍等生活设施，距离铁路的中心线以及小量易燃品贮藏室的间距不小于 30 m。

(4) 临时宿舍距火灾危险性大的生产场所不得小于 30 m。

(5) 为贮存大量的易燃物品、油料、炸药等所修建的临时仓库，与永久工程或临时宿

舍之间的防火间距应根据所贮存的数量，按照有关规定确定。

(6) 在独立的场地上修建成批的临时宿舍，应当分组布置，每组最多不超过 2 幢，组与组之间的防火距离，在城市市区不小于 20 m，在农村应不小于 10 m。临时宿舍简易楼房的层高应当控制在两层以内，每层应当设置两个安全通道。

(7) 生产工棚包括仓库，无论有无用火作业或取暖设备，室内最低高度一般不应低于 2.8 m，其门的宽度要大于 1.2 m，并且要双扇向外。

二、施工现场防火要求

1. 电力建设施工现场的防火管理内容：

(1) 施工单位必须按照已批准的设计图纸和含有消防要求的施工方案组织施工，有关防火安全措施不得擅自改动。

(2) 施工现场必须按“谁主管，谁负责”的原则，确定党政主要领导负责消防保卫工作。有总包、分包单位的工程，实行总承包单位负责的消防保卫工作制度，建立消防保卫领导小组，与分包单位签订消防保卫责任书。

(3) 凡有建筑自动消防设施的建筑工程，在开工前应向工程所在地的消防部门报建，在工程竣工后，施工安装单位必须委托具备资格的建筑消防设施检测单位进行技术测试，取得建筑消防设施技术测试报告。

(4) 建立、健全建筑工地的安全防火责任制度，贯彻执行现行的工地防火规章制度。

电力建设施工现场的管理人员要加强法制观念。每个项目都应成立防火领导小组，组建义务消防队。各项安全防火规章和制度要书写上墙。

(5) 要加强施工现场的安全保卫工作。建筑工地周边都应设立围挡，其高度应不低于 1.8 m～2.4 m。较大的工程要设专职保卫人员。禁止非工地人员进入施工现场。公事人员进入现场要进行登记，有人接待，并告知工地的防火制度。节假日期间值班人员应当昼夜巡逻。

(6) 建筑工地要认真执行“三清、五好”管理制度。尤其对木制品的刨花、锯末、料头、防火油毡纸头、沥青，冬期施工的草袋子、稻壳子、苇席子等保温材料要随干随清，做到工完场清。各类材料都要码放成垛，整齐堆放。

(7) 临时工、合同工等各类新工人进入施工现场，都要进行防火安全教育和防火知识的学习。经考试合格后方能上岗工作。

(8) 建筑工地都必须制定防火安全措施，并及时向有关人员、作业班组交底落实。

(9) 做好生产、生活用火的管理。

2. 电力建设工程是一个多工种配合和立体交叉混合作业的施工现场。电力建设施工过程中若干工种的施工作业，都应当注意防火安全。

(1) 焊工防火安全要求

电、气焊是利用电能或化学能转变为热能对金属进行加热的熔接方法。焊接或切割的基本特点是高温、高压、易燃、易爆。

a) 电、气焊作业时必须注意以下几个方面的问题：

气焊设备的防火、防爆要求。氧气瓶与乙炔瓶是气焊工艺的主要设备，属于易燃，易

爆的压力容器。乙炔气瓶应安装回火防止器，防止氧气倒回发生事故。乙炔瓶应放置在距离明火至少 10 m 以外的地方，严禁倒放。焊、割作业时乙炔瓶和氧气瓶，两者使用时的距离不得小于 5 m。不得放置在高压线下面或在太阳下暴晒。

每天操作前都必须进行认真的检查。尤其是冬期施工完毕后，要及时将乙炔瓶和氧气瓶送回到存放处，采取一定的防冻措施，以免结冻。如果冻结，严禁用明火烘烤。作业时焊炬要根据金属材料的材质、形状，确定焊炬与金属的距离，不要距离太近，以防喷嘴太热，引起焊炬内自燃回火。在点火前要检查焊炬是否正常，其方法是检查焊炬的吸力，若开了氧气而乙炔管毫无吸力，则焊炬不能使用，必须及时修复。

电焊设备防火、防爆要求。电焊机是电弧焊工艺的主要设备，各种电焊机都应该在额定电压下使用，旋转式直流电焊机应配备足够容量的磁力起动开关，不得使用闸刀开关直接起动。电焊机应有良好的隔离防护装置，电焊机的绝缘电阻不得小于 1 MΩ，电焊机的接线柱、接线孔等应装在绝缘板上，并有防护罩保护。电焊机应放置在避雨干燥的地方，不准与易燃、易爆物品或容器混放在一起。室内焊接时，电焊机的位置、线路敷设和操作地点的选择应符合防火安全要求，作业前必须进行检查，焊接导线要有足够的截面。严禁将焊接导线搭在氧气瓶、乙炔瓶、发生器、煤气、液化气等易燃易爆设备上，电焊导线中间不应有接头，如果必须设有接头，其接头处要远离易燃、易爆物 10 m 以外。

b）在有类似下述情况而又没有采取相应的安全措施时，不允许进行焊接：

① 制作、加工和贮存易燃易爆危险物品的房间内；

② 贮存易燃易爆物品的储罐和容器；

③ 带电设备；

④ 刚涂过油漆的建筑构件或设备；

⑤ 盛过易燃液体而没有进行彻底清洗处理过的容器。

c）电、气焊作业过程中的防火要求

电、气焊作业前要明确作业任务，认真了解作业环境，确定出动火的危险区域，并立出明显标志，危险区内的一切易燃、易爆品都必须移走。对不能移走的可燃物，要采取可靠的防护措施。尤其刮风天气，要注意风力的大小和风向变化，防止风力把火星吹到附近的易燃物上，必要时应派人监护。

d）施工现场的焊、割作业，必须符合防火要求，严格执行“十不烧”的规定：

① 焊工必须持证上岗，无证者不准进行焊、割作业；

② 属一、二、三级动火范围的焊、割作业，未经办理动火审批手续，不准进行焊割；

③ 焊工不了解焊、割现场周围情况，不得进行焊、割；

④ 焊工不了解焊件内部是否有易燃、易爆物时，不得进行焊、割；

⑤ 各种装过可燃气体、易燃液体和有毒物质的容器，未经彻底清洗，或未排除危险之前，不准进行焊、割；

⑥ 用可燃材料作保温层、冷却层、隔声、隔热设备的部位，或火星能飞溅到的地方，在未采取切实可靠的安全措施之前，不准焊、割；

⑦ 有压力或密闭的管道、容器，不准焊、割；

⑧ 焊、割部位附近有易燃易爆物品，在未作清理或未采取有效的安全防护措施前，不

准焊、割；

⑨ 附近有与明火作业相抵触的工种在作业时，不准焊、割；

⑩ 与外单位相连的部位，在没有弄清有无险情，或明知存在危险而未采取有效的措施之前，不准焊、割。

(2) 建筑木工防火安全要求

a) 建筑工地的木工作业场所要严禁动用明火，工人吸烟要到休息室。工作场地和个人工具箱内要严禁存放油料和易燃易爆物品。

b) 要经常对工作间内的电气设备及线路进行检查，发现短路、电气打火和线路绝缘老化破损等情况要及时找电工维修。电锯、电刨等木工设备在作业时，注意勿使刨花、锯末等物将电机盖上。

c) 熬水胶使用的炉子，应在单独房间里进行，用后要立即熄灭。

d) 本工作业要严格执行建筑安全操作规程。完工后必须做到现场清理干净、剩下的木料堆放整齐，锯末、刨花要堆放在指定的地点，并且不能在现场存放时间过长，防止自燃起火。

(3) 建筑电工防火安全要求

a) 预防短路造成火灾的措施

施工现场架设或使用的临时用电线路，当发生故障或过载时，就会造成电气失火。由于短路时电流突然增大，发热量很大，不仅能使绝缘材料燃烧，而且能使金属熔化，产生火花引起邻近的易燃、可燃物质燃烧造成火灾。

施工现场形成电气短路的主要原因：没有按具体环境选用导线，导线受损，线芯裸露维修不及时、导线受潮绝缘被击穿、安错线等都能造成短路。

预防电气短路的措施：施工现场临时线路都必须使用护套线，导线绝缘必须符合电路电压要求。导线与导线、导线与墙壁和顶棚之间应有符合规定的间距。线路上要安装合适的熔断丝和漏电断路器。

b) 预防过负荷造成火灾的措施

根据负荷合理选用导线截面。不得随意在线路上接入过多负载。要定期检查线路负荷增减情况，按实际情况去掉过多的电气设备或另增线路。或根据生产程序和需要，采取先控制后使用的方法，把用电时间错开。

c) 预防电火花和电弧产生的措施

产生火花和电弧的原因主要是：发生电气短路，开关通断，保险丝熔断，带电维修等。

预防措施：裸导线间或导体与接地体间应保持有足够的距离。保持导线支持物良好完整，防止布线过松。导线连接要牢固。经常检查导线的绝缘电阻保持绝缘的强度和完整。保险器或开关应装在不燃的基座上并用不燃箱盒保护。不应带电安装和修理电气设备。

另外，在进行室内装饰时，安装电气线路一定要注意如下问题：顶棚内的电气线路穿线必须为镀锌铁管，施工安装时必须焊接固定在棚内。造型顶棚用金属软管穿线时，要做保护接地，或穿四根线其中一根作接地处理，防止金属外皮产生感应电引起火灾。

凡电器接头都必须用焊锡相接，而且合乎规范要求。

电源一般是三相四线制，由于装饰电气闭路特别多，这些回路均为单相，都要连接在三相四线制的电源中，所以三相电路都必须平衡，各个回路容量皆应相等，否则火灾危险性是很大的。因此在电源回路安装完毕后，根据施工规程要求一定要把各回路的负荷用电流表进行测试和调整，使线路三相保持平衡。

(4) 油漆工防火安全要求

油漆作业所使用的材料都是易燃、易爆的化学材料。因此，无论油漆的作业场地或临时存放的库房，都要严禁动用明火。室内作业时，一定要有良好的通风条件，照明电气设备必须使用防爆灯头，禁止穿钉子鞋出入现场，严禁吸烟，周围的动火作业要远离 10 m 以外。

(5) 防腐蚀作业的防火安全要求

电力建设施工中的防腐蚀作业量很大，其防火安全是一个重要工作。目前采用的防腐蚀方法所使用的材料，多数都是易燃、易爆的化学高分子材料，如环氧树脂、呋喃树脂、酚醛树脂、硫磺类、沥青类、煤焦油等；固化剂多是乙二胺、丙酮、酒精等。

a) 硫磺的熬制、储存与施工。硫磺熬制时要严格控制温度，当发现冒蒸烟时要立即撤火降温，如果局部燃烧要用石英粉灭火。当贮存运输和施工时严禁与木炭、硝石相混，要远离明火。

b) 树脂类。树脂类防腐蚀材料施工时要避开高温，不要长时间置于太阳下暴晒。作业场地和储存库都要远离明火。储存库要阴凉通风。

c) 乙二胺。乙二胺是树脂类常用的固化剂。这种材料遇火种、高温和氧化剂有燃烧的危险。与醋酸、醋酐、二硫化碳、氯磺酸、盐酸、硝酸、硫酸、过氧酸银等发生反应时非常剧烈。因此在储运施工时要注意：应贮存在阴凉通风的仓库间内，远离火种热源。应与酸类、氧化剂隔离堆放。搬运时要轻装轻卸，防止破损。一旦发生火灾，要用泡沫、二氧化碳、干粉、砂土和雾状水灭火。

乙二胺是一种挥发性很强的化学物质，当明露时通常显黄烟，有毒、有刺激气味。当在空气中挥发到一定浓度时，遇明火有爆炸危险。乙二胺、丙酮、酒精能溶于或稀释多种化学品，能挥发产生大量易燃气体。因此，施工时使用油漆或涂料用多少就倒出多少，而且要马上使用，不要明露放置时间过长，剩下的要及时倒回原容器中。贮存、运输时一定将盖盖好，不能漏气。操作工人作业时严禁烟火，注意通风。长时间接触，要带防毒面具，切忌接触皮肤，如果接触皮肤后要马上用清水洗净。

(6) 冷底子油配制与施工的防火要求

冷底子油是防水所使用的沥青与水泥砂浆在涂抹基层起结合作用的渗透材料。这种材料是由汽油或柴油配制而成的。它的配合比多采用汽油与沥青 6∶4 或 7∶3 的比例配成。它的性能与汽油、柴油基本相似，即挥发性强，闪点低，所以在配制、运输或施工时，遇明火即有起火或爆炸的危险。尤其室内作业，如果通风不好，使其挥发到空气中的含量达到极限，那就更危险了。在配制、运输、施工冷底子油时一定要注意：

a) 配制冷底子油时，禁止用铁棒搅拌，以防碰出火星。要严格掌握沥青温度，当发现冒出大量蓝烟时，应立即停止加入。

b) 凡是配制、储存、涂刷冷底子油的地点，都要严禁烟火。绝对不允许在附近进行

电、气焊或其他动火作业。

c）无论配制、储存、涂刷时都要设专人监护。

（7）冬期施工的防火安全要求：

a）电热法施工要注意以下问题：

① 使用电热法要设电压调整器，以便控制电压。导线接头要焊接牢固，要用绝缘布包好，穿墙要有套管保护，要有良好的电气接地。

② 搞好定点定时测温记录工作，加热温度不宜超过80℃，发现问题应立即停电检查。

③ 要配备必要的消防器材，如二氧化碳或干粉灭火器。

b）锯末、生石灰蓄热法。这种方法火灾危险性大，如果操作方法不当，管理不严，极易发生火灾事故。因此在操作前必须经试验来选择比较安全的配合比，并经技术员制定出可靠的防火措施方能使用。在使用中要设专人看管，经常检查测温。如果温度超过80℃要进行翻动降温。

c）烘烤挖土法。这种方法使用简单、广泛，但危险性较大，尤其风天，极易引起火灾。因此在使用时一定要设专人看管，务必做到有火必有人，看火人员绝不能脱离现场，而且现场要准备一些砂子和其他防火器材。风天最好停止使用此方法。每次烘烤的面积不宜过大；一般以建筑面积200 m^2 为宜。周围有易燃、易爆材料时，要严禁采用此种方法。

（8）雨季和高温季节施工的防火安全要求

雨季来临时，因气候潮湿，雷阵雨时还会发生雷击事故，所以在雨季前应检查高大机械设备如塔吊、外用电梯的防雷措施。对外露的电气设备及线路，应加强绝缘破损及遮雨设施的检查，以防漏电起火。对石灰、电石等常用的遇水燃烧物品，应防漏、防潮，垫高存放。高温季节则应重点做好对易燃、易爆物品如汽油、香蕉水等的安全保管及发放使用。

三、地下建筑消防

地下建筑施工防火注意事项：

（1）地下建筑施工应当保证通道畅通，通道处不得堆放障碍物。

（2）地下建筑室内不得贮存易燃物品或当作木工加工作业区，不得在室内熬制或配制用于防腐、防水、装饰所用的危险化学品溶液。

（3）在进行防火、防腐作业时，地下室内应采取一定的通风措施，保证空气流通。照明用电线路不得有接头或裸露部分，照明灯具应当使用防爆灯具，施工人员严禁吸烟和动火。

（4）地下建筑进行装饰时，不得同时进行水暖、电气安装的焊割作业。

（5）地下建筑室内施工，施工人员应当严格遵守安全操作规程，易引发火灾的特殊作业，应设监护人，并配置必备的气体检测仪和消防器具，必要时应当采取强制通风措施。

第四节　消防器材的配置和使用

1. 消防器材的分类

可利用于灭火的物质有很多种，通常使用的灭火剂有水、泡沫、二氧化碳、四氯化碳、

卤化烷、干粉、惰性气体等。

灭火剂是通过各种灭火设备和器材来施放和喷射的。扑救火灾时，无论采用哪一种灭火剂，往往不是一种灭火方法起作用，而是2种或3种方法同时起作用，但是其中有一种起着主要的作用。

为了有效地扑救火灾，应根据燃烧物质的性质和火势发展情况，采用适合的足够的灭火剂。选择灭火剂的基本要求是灭火性能高、使用方便、来源丰富、成本低廉，对人体和物体基本无害等。

(1) 水

水是不燃液体，它是最常用，来源最丰富，使用最方便的灭火剂。

水在扑灭火灾中应用得最广泛，水的灭火作用是由它的性质决定的。其灭火的原理是冷却、窒息。但有些火灾不适宜用水扑救，如过氧化合物、轻金属、高温黏稠的可燃液体、遇水燃烧物质(如电石 CaC_2 等)等火灾，以及其他用水扑救会使对象遭受严重破坏的火灾。

(2) 泡沫灭火剂

泡沫是一种体积较小，表面被液体围成的气泡群，是扑救易燃、可燃液体火灾的有效灭火剂。其灭火的原理是冷却、窒息。

泡沫灭火剂现有2种类型，即化学泡沫和空气泡沫。化学泡沫是由两种化学泡沫粉的水溶液混合在一起，经化学反应生成的。空气泡沫是泡沫生成剂和水按一定比例混合，经机械作用，吸入了大量的空气而生成的，故称为机械空气泡沫或空气泡沫。

空气泡沫中有普通蛋白泡沫、氟蛋白泡沫、抗溶性泡沫、轻水泡沫，以及中倍数、高倍数泡沫。普通蛋白泡沫、中倍数泡沫、轻水泡沫和化学泡沫等主要用来扑救各种油类火灾；抗溶性泡沫主要用来扑救醇、醛、醚等有机溶剂火灾；高倍数泡沫主要用来扑救那些火源集中、泡沫易于堆积场合的火灾，如地下建筑、室内仓库、矿井巷道、机场设施等处的火灾。

(3) 二氧化碳灭火剂

二氧化碳灭火剂属气体灭火系统的一种，其灭火机理是通过化学作用大量捕捉火焰中的自由基，抑制燃烧的链式反应，迅速将火焰扑灭。

二氧化碳气体，不燃烧、也不助燃，通过在燃烧区内稀释空气，减少空气的含氧量，从而降低燃烧强度。当二氧化碳在空气中的浓度达到30%～35%时，就能使燃烧熄灭。

灭火用的二氧化碳是以液态灌装在钢瓶内，当从钢瓶内放出时，迅速蒸发，体积扩大400～500倍，同时温度急剧降低到－78℃，由于蒸发吸热作用，因此在二氧化碳灭火时还具有一定的冷却作用。

由于二氧化碳不导电、不含水分、不污损仪器设备等，故适用于扑救电气设备、精密仪器、图书档案火灾。但是由于二氧化碳与一些金属化合时，金属能夺取二氧化碳中的氧气而继续燃烧，故二氧化碳不能扑救金属钾、钠、镁和铝等物质的火灾。此外，二氧化碳也不易扑灭某些能够在惰性介质中燃烧的物质(如硝酸纤维)和物质内部的阴燃。

(4) 1211灭火剂

使用1211灭火剂的轻便灭火器，有手提式0.5 kg、1 kg、2 kg、4 kg、6 kg等数种，这

类灭火器使用轻便，保养简单。平时只要放在阴凉、干燥、无腐蚀性气体存在的场所，就能长期有效。

1211 灭火剂不能用来扑救本身就可供氧的化学物质（如硝酸纤维等）和碱金属（钾、钠）以及金属氢化物的火灾。

（5）化学干粉

干粉的种类很多，按使用范围分为如下几种：

a）BC 类干粉

是以碳酸氢钠、碳酸氢钾、氯化钾为主要成分的化学干粉。适用于扑救易燃气体、液体和电气设备的火灾。

b）ABCD 类干粉

是以硫酸铵、硫酸氢钾、磷酸二氢铵为主要成分的化学干粉，它适用于扑救多种火灾。

c）D 类干粉

是以氯化钠、碳酸钠、硼砂为主要成分的化学干粉，适用于扑救轻金属火灾。

化学干粉存贮在灭火器筒身内，在灭火时，由惰性气体加压，使化学干粉喷出，形成浓云般的粉雾，覆盖燃烧面，中断燃烧的连锁反应，达到灭火的目的。

化学干粉灭火剂应存放在通风、干燥处，温度应保持 50℃以下。如干粉受潮结块，可放在干燥处自然晾干，也可在温度 60℃以下受热干燥，然后研磨过筛，恢复原状后，即可继续使用。

2. 消防器具的用途和使用方法

建筑施工现场常用的消防器具为水池、消防桶、消防锹、消防钩以及灭火器等。

（1）消防水池

消防水池与建筑物之间的距离，一般不得小于 10 m，在水池的周围留有消防车道。

在冬季或寒冷地区，消防水池应有可靠的防冻措施。

（2）几种灭火器的性能、用途和使用方法

扑救 A 类火灾应选用水、泡沫、磷酸铵盐干粉、卤化烷型灭火器。扑救 B 类火灾应选用干粉、泡沫、卤化烷、二氧化碳型灭火器。扑救极性溶剂 B 类火灾不得选用化学泡沫灭火器。扑救 C 类火灾应选用卤化烷、二氧化碳干粉型灭火器。扑救 A、B、C 类带电火灾应选磷酸铵盐干粉、卤化烷型灭火器。扑救 D 类火灾的灭火器材应按设计部门和当地公安消防部门规定执行。

3. 施工现场灭火器的配备

灭火器的配备应主要考虑：灭火器配备场所的火灾种类；灭火器的有效程度；对保护物品的污损程度；设置点的环境以及使用人员的素质等方面因素。施工现场灭火器配备的一般规定如下：

（1）大型临时设施总平面超过 1 200 m^2 的，应当按照消防要求配备灭火器，并根据防火的对象，部位，设立一定数量、容积的消防水池，以及配备不少于 4 套的取水桶、消防铣、消防钩。同时，还要备有一定数量的黄沙池等器材、设施，并留有消防车道。

（2）一般临时设施区域，每 100 m^2 的配电室、动火处、食堂、宿舍等重点防火部位，应当配备两个 10 L 灭火器。

(3) 临时木工间、油漆间、机具间等，每 25 m^2 应配备一个种类合适的灭火器；油库、危险品仓库、易燃堆料场应配备足够数量、种类的灭火器。

(4) 灭火器应设置在明显和便于取用的地方，且不得影响安全疏散。其防护、维修应符合相关规定。

第五节　消防管理制度

1. 消防有关法律法规

我国消防法规大体分为 3 类：一是消防基本法《中华人民共和国消防法》；二是消防行政法规；三是消防技术法规。

消防行政法规规定了消防管理活动的基本原则、程序和方法。消防技术法规是用于调整人与自然、科学、技术的关系。

另外，各省、市、自治区结合本地区的实际情况还颁布了一些地方性的行政法规、规章和规范性文件以及地方标准。这些规章和管理措施，都为防火监督管理提供了依据。

2. 消防安全责任制

电力建设施工企业是防火安全管理的重点单位，要认真贯彻落实“以防为主、防消结合”的方针，从思想上、组织上、装备上做好火灾的预防工作。建立防火责任制，将防火安全的责任落实到每个施工现场、每一个施工人员，明确分工，划分区域，不留防火死角，真正落实防火责任。

电力建设施工企业或施工现场应当履行下列消防安全职责：

(1) 制定消防安全制度、消防安全操作规程；

(2) 建立防火档案，确定消防安全重点部位配置消防设施和器材，设置防火标志；

(3) 实行定期或不定期的防火安全检查，必要时实行每月防火巡查，及时消除火灾隐患，并建立检查(巡查)记录；

(4) 对职工进行消防安全培训；

(5) 制定灭火和应急疏散预案，定期组织消防演练。

3. 消防安全措施

(1) 领导措施。各级领导应当高度重视消防工作，将防火工作纳入安全生产中的一项重要工作，企业的主要领导是消防安全的第一责任人，负责建立健全防火预警机制，防止避免火灾事故的发生。

(2) 组织措施。应当建立消防安全领导小组，定期研究、布置、检查消防工作，并设立管理部门或配备专职人员负责消防工作，有条件的单位应当建立义务消防队伍。

(3) 技术措施。根据国家消防安全法规和技术标准，结合防火重点部位，制定本单位的消防安全管理制度和安全操作规程，积极开展防火安全培训，提高人员消防安全意识。搜集和掌握新的防火安全技术，推广和应用科学的先进的消防安全技术，从施工工艺、技术上提高预防火灾事故的防范能力。

(4) 物质保障。在消防安全上要舍得投入，每年作出消防设施的建立、消防器材的购置计划，定期更换过期的消防器材，推广和使用新型的防火建筑材料，淘汰易燃可燃的建

筑材料，从新阻燃材料和物质上，解决火灾的危险源。

4. 火灾险情的处置

在日常生活和生产中，因意外情况发生火灾事故，千万不要惊慌，应一方面迅速电话报警，一方面组织人力积极扑救。

现在我国基本建立火警电话号码为“119”的救援信息系统。火警电话拨通后，要讲清起火的单位和详细地址，也要讲清起火的部位、燃烧的物质和火灾的程度、着火的周边环境等情况，以便消防部门根据情况派出相应的灭火力量。

报警后，起火单位要尽量迅速地清理通往火场的道路，以便消防车能顺利迅速地进入现场。同时，应派人在起火地点的附近路口或单位门口迎候消防车辆，使之能迅速准确地到达火场，投入灭火战斗。

火势蔓延较大，火势燃烧严重的建筑物，施工单位熟悉或了解建筑物的技术人员，应当及时将受损建筑物的构造、结构情况向消防官兵通报，并提出有关扑救工作建议，保障救火官兵的生命安全，防止火灾事故所造成的损失进一步扩大。

第十八章　季节性施工安全生产技术

第一节　季节性施工概述

在我国三北及青藏高原等地区，每年有长达3～6个月的寒冷期，南方许多省市又处于多雨地区，每年有长达1～3个月的雨期；长江中下游流域的梅雨季节，长达一个月的时间阴雨连绵不断，伴有多云、多雾、多雷暴天气；东南沿海地区受海洋暖湿气流影响，春夏之交雨水频繁，并伴有台风、暴雨和潮汛，某些地区雷暴季节，雷电活动频繁。这些季节的不良天气现象，给电力建设的施工进度和质量带来了一系列的问题，也是生产安全事故多发时期。因此，应当按照作业条件针对不同季节的施工特点，制定相应的安全技术措施，做好相关安全防护，防止事故的发生。

雨期施工，应当采取措施防雨、防雷击，组织好排水。同时，注意做好防止触电和坑槽坍塌，沿河流域的工地做好防洪准备，傍山的施工现场做好防滑坡塌方措施，脚手架、塔机等应做好防强风措施。冬期施工，气温低，易结露结冰，天气干燥，作业人员操作不灵活，作业场所应采取措施防滑、防冻，生活办公场所应当采取措施防火和防煤气中毒。

第二节　雨期施工

1. 雨期施工的气象知识

(1) 雨量

它是用积水的高度来表示的，即假定所下的雨既不流到别处，又不蒸发，也不渗到土里，其所积累的高度。一天雨量的多少称为降水强度。

(2) 降水强度的划分

按照降水强度的大小划分为小雨、中雨、大雨、暴雨、大暴雨和特大暴雨6个等级。降雨等级见表18-1。

表18-1　降雨等级表

降雨等级	现象描述	降雨量范围/mm	
		一天总量	半天总量
小雨	雨能使地面潮湿，但不泥泞	1～10	0.2～5.0
中雨	雨降到屋面上有淅淅声，凹地积水	10～25	5.1～15
大雨	降雨如倾盆，落地四溅，平地积水	25～50	15.1～30
暴雨	降雨比大雨还猛，能造成山洪暴发	50～100	30.1～70
大暴雨	降雨比暴雨还大，或时间长，能造成洪涝灾害	100～200	70.1～140
特大暴雨	降雨比大暴雨还大，能造成洪涝灾害	＞200	＞140

(3) 雷击

雷是一种大气放电现象。如果雷云较低，周围又没有带异性电荷的雷云，就会在地面凸出物上感应出异性电荷，造成雷云与地面凸出物之间放电，这就是通常所说的雷击。雷击可产生数百万伏的冲击电压，能对施工现场的建(构)筑物、机械设备、电气和脚手架等高架设施以及人身造成严重的伤害，造成大规模的停电、短路及火灾等事故。雷暴日数，就是在一年内，该地区发生雷暴的天数，用以表示雷电活动频繁程度。

2. 雨期施工的准备工作

由于雨期施工持续时间较长，而且大雨、大风等恶劣天气具有突然性，因此应认真编制好雨期施工季的安全技术措施，做好雨期施工的各项准备工作。

(1) 合理组织施工

根据雨期施工的特点，将不宜在雨期施工的工程提早或延后安排，对必须在雨期施工的工程制定有效的措施。晴天抓紧室外作业，雨天安排室内工作。注意天气预报，做好防汛准备。遇到大雨、大雾、雷击和6级以上大风等恶劣天气，应当停止进行露天高处、起重吊装和打桩等作业。暑期作业应当调整作息时间，从事高温作业的场所应当采取通风和降温措施。

(2) 做好施工现场的排水

a) 根据施工总平面图、排水总平面图，利用自然地形确定排水方向，按规定坡度挖好排水沟，确保施工工地排水畅通；

b) 应严格按防汛要求，设置连续、通畅的排水设施和其他应急设施，防止泥浆、污水、废水外流或堵塞下水道和排水河沟；

c) 若施工现场临近高地，应在高地的边缘(现场的上侧)挖好截水沟，防止洪水冲入现场；

d) 雨期前应做好傍山的施工现场边缘的危石处理，防止滑坡、塌方威胁工地；

e) 雨期应设专人负责，及时疏浚排水系统，确保施工现场排水畅通。

(3) 运输道路

a) 临时道路应起拱5‰，两侧做宽300 mm、深200 mm的排水沟；

b) 对路基易受冲刷部分，应铺石块、焦渣、砾石等渗水防滑材料，或设涵管排泄，保证路基的稳固；

c) 雨期应指定专人负责维修路面，对路面不平或积水处应及时修好；

d) 场区内主要道路应当硬化。

(4) 临时设施及其他施工准备工作

a) 施工现场的大型临时设施，在雨期前应整修加固完毕，应保证不漏、不塌、不倒，周围不积水，严防水冲入设施内。选址要合理，避开滑坡、泥石流、山洪、坍塌等灾害地段。大风和大雨后，应当检查临时设施地基和主体结构情况，发现问题及时处理。

b) 雨期前应清除沟边多余的弃土，减轻坡顶压力。

c) 雨后应及时对坑槽沟边坡和固壁支撑结构进行检查，深基坑应当派专人进行认真测量、观察边坡情况，如果发现边坡有裂缝、疏松、支撑结构折断、走动等危险征兆，应当立即采取措施。

d）雨期施工中遇到气候突变，发生暴雨、水位暴涨、山洪暴发或因雨发生坡道打滑等情况时应当停止土石方机械作业施工。

e）雷雨天气不得露天进行电力爆破土石方，如中途遇到雷电时，应当迅速将雷管的脚线、电线主线两端连成短路。

f）大风大雨后作业，应当检查起重机械设备的基础、塔身的垂直度、缆风绳和附着结构，以及安全保险装置并先试吊，确认无异常方可作业。轨道式塔机，还应对轨道基础进行全面检查，检查轨距偏差、轨顶倾斜度、轨道基础沉降、钢轨不直度和轨道通过性能等。

g）落地式钢管脚手架底应当高于自然地坪 50 mm，并夯实整平，留一定的散水坡度，在周围设置排水措施，防止雨水浸泡脚手架。

h）遇到大雨、大雾、高温、雷击和 6 级以上大风等恶劣天气，应当停止脚手架的搭设和拆除作业。

i）大风、大雨后，要组织人员检查脚手架是否牢固，如有倾斜、下沉、松扣、崩扣和安全网脱落、开绳等现象，要及时进行处理。

3. 雨期施工的用电与防雷

（1）雨期施工的用电

a）各种露天使用的电气设备应选择较高的干燥处放置；

b）机电设备（配电盘、闸箱、电焊机、水泵等）应有可靠的防雨措施，电焊机应加防护雨罩；

c）雨期前应检查照明和动力线有无混线、漏电，电杆有无腐蚀，埋设是否牢靠等，防止触电事故发生；

d）雨期要检查现场电气设备的接零、接地保护措施是否牢靠，漏电保护装置是否灵敏，电线绝缘接头是否良好。

（2）雨期施工的防雷

a）防雷装置的设置范围。施工现场高出建筑物的塔吊、外用电梯、井字架、龙门架以及较高金属脚手架等高架设施，如果在相邻建筑物、构筑物的防雷装置保护范围以外，在表 18-2 规定的范围内，则应当按照规定设防雷装置，并经常进行检查。

表 18-2　施工现场内机械设备需要安装防雷装置的规定

地区平均雷暴日/d	机械设备高度/m
≤15	≥50
>15≤40	≥32
>40≤90	≥20
>90 及雷灾特别严重的地区	≥12

如果最高机械设备上的避雷针，其保护范围按照 60°计算能够保护其他设备，且最后退出施工现场，其他设备可以不设置避雷装置。

b）防雷装置的构成及操作要求。施工现场的防雷装置一般由避雷针、接地线和接地体 3 部分组成。

避雷针，装在高出建筑物的塔吊、人货电梯、钢脚手架等的顶端。机械设备上的避雷

针(接闪器)长度应当为 1 m～2 m。

接地线,可用截面积不小于 16 mm^2 的铝导线,或用截面积不小于 12 mm^2 的铜导线,或用直径不小于 ϕ18 的圆钢,也可以利用该设备的金属结构体,但应当保证电气连接性能良好。

接地体,有棒形和带形 2 种。棒形接地体一般采用长度 1.5 m,壁厚不小于 2.5 mm 的管或 L5×50 的角钢。将其一端垂直打入地下,其顶端离地平面不小于 50 mm,带形接地体可采用截面积不小于 50 mm^2,长度不小于 3 m 的扁钢,平卧于地下 500 mm 处。

防雷装置的避雷针、接地线的接地体必须焊接(双面焊),焊缝长度应为圆钢直径的 6 倍或扁钢厚度的 2 倍以上。

施工现场所有防雷装置的冲击接地电阻值不得大于 30 Ω。

第三节　冬期施工

1. 冬期施工概念

在我国北方及寒冷地区的冬期施工中,由于长时间的持续低温、大的温差、强风、降雪和冰冻,施工条件较其他季节艰难的多,加之在严寒环境中作业人员穿戴较多,手脚亦皆不灵活,对工程进度、工程质量和施工安全产生严重的不良影响,必须采取附加或特殊的措施组织施工,才能保证工程建设顺利进行。

根据当地多年气象资料统计,当室外日平均气温连续 5 d 稳定低于 5℃即进入冬期施工;当室外日平均气温连续 5 d 高于 5℃时解除冬期施工。

冬期施工与冬季施工是两个不同的概念,不要混淆。例如在我国海拉尔、黑河等高纬度地区,每年有长达 200 多天需要采取冬期施工措施组织施工,而在我国南方许多低纬度地区常年不存在冬期施工问题。

2. 冬期施工特点

(1) 冬期施工由于施工条件及环境不利,是各种安全事故多发季节。

(2) 隐蔽性、滞后性。即工程是冬天干的,大多数在春季开始才暴露出来问题,因而给事故处理带来很大的难度,不仅给工程带来损失,而且影响工程使用寿命。

(3) 冬期施工的计划性和准备工作时间性强。这是由于准备工作时间短,技术要求复杂。往往有一些安全事故的发生,都是由于这一环节跟不上,仓促施工造成的。

3. 冬期施工基本要求

(1) 冬期施工前两个月即应进行冬期施工战略性安排。

(2) 冬期施工前一个月即应编制好冬期施工技术措施。

(3) 冬期施工前一个月做好冬期施工材料、专用设备、能源、暂设工种等施工准备工作。

(4) 搞好相关人员技术培训和技术交底工作。

4. 冬期施工的准备

(1) 编制冬期施工组织设计

冬期施工组织设计,一般应在入冬前编审完毕。冬期施工组织设计,应包括下列内

容：确定冬期施工的方法、工程进度计划、技术供应计划、施工劳动力供应计划、能源供应计划；冬期施工的总平面布置图（包括临建、交通、力能管线布置等）、防火安全措施、劳动用品；冬期施工安全措施：冬期施工各项安全技术经济指标和节能措施。

（2）组织好冬期施工安全教育培训

应根据冬期施工的特点，重新调整好机构和人员，并制定好岗位责任制，加强安全生产管理。主要应当加强保温、测温、冬期施工技术检验机构、热源管理等机构，并充实相应的人员。安排气象预报人员，了解近期、中长期天气，防止寒流突袭。对测温人员、保温人员、能源工（锅炉和电热运行人员）、管理人员组织专门的技术业务培训，学习相关知识，明确岗位责任，经考核合格方可上岗。

（3）物资准备

物资准备的内容如下：外加剂、保温材料；测温表计及工器具、劳保用品；现场管理和技术管理的表格、记录本；燃料及防冻油料；电热物资等。

（4）施工现场的准备

a）场地要在土方冻结前平整完工，道路应畅通，并有防止路面结冰的具体措施。

b）提前组织有关机具、外加剂、保温材料等实物进场。

c）生产上水系统应采取防冻措施，并设专人管理，生产排水系统应畅通。

d）搭设加热用的锅炉房、搅拌站，敷设管道，对锅炉房进行试压，对各种加热材料、设备进行检查，确保安全可靠；蒸汽管道应保温良好，保证管路系统不被冻坏。

e）按照规划落实职工宿舍、办公室等临时设施的取暖措施。

5. 冬期施工安全措施

（1）爆破法破碎冻土应当注意的安全事项：

a）爆破施工要离建筑物 50 m 以外，距高压电线 200 m 以外。

b）爆破工作应在专业人员指挥下，由受过爆破知识和安全知识教育的人员担任。

c）爆破之前应有技术安全措施，经主管部门批准。

d）现场应设立警告标志、信号、警戒哨和指挥站等防卫危险区的设施。

e）放炮后要经过 20 min 才可以前往检查。

f）遇有瞎炮，严禁掏挖或在原炮眼内重装炸药，应该在距离原炮眼 60 cm 以外的地方另行打眼放炮。

g）硝化甘油类炸药在低温环境下凝固成固体，当受到振动时，极易发生爆炸，酿成严重事故。因此，冬期施工不得使用硝化甘油类炸药。

（2）人工破碎冻土应当注意的安全事项：

a）注意去掉楔头打出的飞刺，以免飞出伤人；

b）掌铁楔的人与掌锤的人不能脸对着脸，应当互成 90°。

（3）机械挖掘时应当采取措施注意行进和移动过程的防滑，在坡道和冰雪路面应当缓慢行驶，上坡时不得换挡，下坡时不得空挡滑行，冰雪路面行驶不得急刹车。发动机应当搞好防冻，防止水箱冻裂。在边坡附近使用、移动机械应注意边坡可承受的荷载，防止边坡坍塌。

（4）针热法融解冻土应防止管道和外溢的蒸汽、热水烫伤作业人员。

(5) 电热法融解冻土时应注意的安全事项：

a) 此法进行前，必须有周密的安全措施；

b) 应由电气专业人员担任通电工作；

c) 电源要通过有计量器、电流、电压表、保险开关的配电盘；

d) 工作地点要设置危险标志，通电时严禁靠近；

e) 进入警戒区内工作时，必须先切断电源；

f) 通电前工作人员应退出警戒区，再行通电；

g) 夜间应有足够的照明设备；

h) 当含有金属夹杂物或金属矿石的冻结土时，禁止采用电热法。

(6) 采用烘烤法融解冻土时，会出现明火，由于冬天风大、干燥，易引起火灾。因此，应注意安全：

a) 施工作业现场周围不得有可燃物；

b) 制定严格的责任制，在施工地点安排专人值班，务必作到有火就有人，不能离岗；

c) 现场要准备一些砂子或其他灭火物品，以备不时之需。

(7) 春融期间在冻土地基上施工。

春融期间开工前必须进行工程地质勘察，以取得地形、地貌、地物、水文及工程地质资料，确定地基的冻结深度和土的融沉类别。对有坑洼、沟槽、地物等特殊地貌的建筑场地应加点测定。开工后，对坑槽沟边坡和固壁支撑结构应当随时进行检查，深基坑应当派专人进行测量、观察边坡情况，如果发现边坡有裂缝、疏松、支撑结构折断、走动等危险征兆，应当立即采取措施。

(8) 脚手架、马道要有防滑措施，及时清理积雪，外脚手架要经常检查加固。

(9) 现场使用的锅炉、火炕等用焦炭时，应有通风条件，防止煤气中毒。

(10) 防止亚硝酸钠中毒。

亚硝酸钠是冬期施工常用的防冻剂、阻锈剂，人体摄入 10 mg 亚硝酸钠，即可导致死亡。由于外观、味道、溶解性等许多特征与食盐极为相似，很容易误作为食盐食用，导致中毒事故。要采取措施，加强使用管理，以防误食：

a) 使用前应当召开培训会，让有关人员学会辨认亚硝酸钠(亚硝酸钠为微黄或无色，食盐为纯白)；

b) 工地应当挂牌，明示亚硝酸钠为有毒物质；

c) 设专人保管和配制，建立严格的出入库手续和配制使用程序。

(11) 大雪，轨道、电缆结冰和 6 级以上大风等恶劣天气，应当停止垂直运输作业，并将吊笼降到底层(或地面)，切断电源。

(12) 风雪过后作业，应当检查安全保险装置并先试吊，确认无异常方可作业。

(13) 井字架、龙门架、塔机等缆风绳地锚应当埋置在冻土层以下，防止春季冻土融化，地锚锚固作用降低，地锚拔出，造成架体倒塌事故。

(14) 塔机路轨不得铺设在冻胀性土层上，防止土壤冻胀或春季融化，造成路基起伏不平，影响塔机的使用，甚至发生安全事故。

6. 冬期施工防火要求

冬期施工现场使用明火处较多，管理不善很容易发生火灾，必须加强用火管理。

(1) 施工现场临时用火，要建立用火证制度，由工地安全负责人审批。用火证当日有效，用后收回。

(2) 明火操作地点要有专人看管。看火人的主要职责：注意清除火源附近的易燃、易爆物。不易清除时，可用水浇湿或用阻燃物覆盖。检查高层建筑物脚手架上的用火，焊接作业要有石棉防护，或用接火盘接住火花。检查消防器材的配置和工作状态情况，落实保温防冻措施。检查木工棚、库房、喷漆车间、油漆配料车间等场所，不得用火炉取暖，周围15 m内不得有明火作业。施工作业完毕后，对用火地点详细检查，确保无死灰复燃，方可撤离岗位。

(3) 供暖锅炉房及操作人员的防火要求：

a) 供暖锅炉房

锅炉房宜建造在施工现场的下风方向，远离在建工程、易燃、可燃建筑、露天可燃材料堆场、料库等；锅炉房应不低于二级耐火等级；锅炉房的门应向外开启；锅炉正面与墙的距离应不小于3 m，锅炉与锅炉之间应保持不小于1 m的距离。锅炉房应有适当通风和采光，锅炉上的安全设备应有良好照明。锅炉烟道和烟囱与可燃构件应保持一定的距离，金属烟囱距可燃结构不小于100 m；已做防火保护层的可燃结构不小于70 m；砖砌的烟囱和烟道其内表面距可燃结构不小于50 cm，其外表面不小于10 cm。未采取消烟除尘措施的锅炉，其烟囱应设防火星帽。

b) 司炉工

严格值班检查制度，锅炉开着火以后，司炉人员不准离开工作岗位，值班时间绝不允许睡觉或做无关的事。司炉人员下班时，须向下一班做好交接班，并记录锅炉运行情况。炉灰倒在指定地点(不能带余火倒灰)，随时观察水温及水位，禁止使用易燃、可燃液体点火。

(4) 炉火安装与使用的防火要求：

加热法施工与采暖应尽量用暖气，如果用火炉，必须事先提出方案和防火措施，经消防保卫部门同意后方能开火。但在油漆、喷漆、油漆调料间，木工房、料库、使用高分子装修材料的装修阶段，禁止使用火炉采暖。

a) 炉火安装

各种金属与砖砌火炉，必须完整良好，不得有裂缝，各种金属火炉与可燃、易燃材料的距离不得小于1 m，已做保护层的火炉距可燃物的距离不得小于70 cm。各种砖砌火炉壁厚不得小于30 cm，在没有烟囱的火炉上方不得有可燃物，必要时须架设铁板等非燃材料隔热，其隔热板应比炉顶外围的每一边都多出15 cm以上。在木地板上安装火炉，必须设置炉盘，有脚的火炉炉盘厚度不得小于12 cm，无脚的火炉炉盘厚度不得小于18 cm，炉盘应伸出炉门前50 cm，伸出炉后左右各15 cm。各种火炉应根据需要设置高出炉身的火挡。

金属烟囱一节插入另一节的尺寸不得小于烟囱的半径，衔接地方要牢固。各种金属烟囱与板壁、支柱、模板等可燃物的距离不得小于30 cm，距已作保护层的可燃物不得小

于15 cm，各种小型加热火炉的金属烟囱穿过板壁、窗户、挡风墙、暖棚等必须设铁板，从烟囱周边到铁板的尺寸，不得小于5 cm，各种火炉的炉身、烟囱和烟囱出口等部分与电源线和电气设备应保持50 cm以上的距离。

b）炉火使用和管理的防火要求

炉火必须由受过安全消防常识教育的专人看守，每人看管火炉的数量不应过多。移动各种加热火炉时，必须先将火熄灭后方准移动。掏出的炉灰必须随时用水烧灭后倒在指定地点。禁止用易燃、可燃液体点火。填的煤不应过多，以不超出炉口上沿为宜，防止热煤掉出引起可燃物起火。不准在火炉上熬炼油料、烘烤易燃物品。

（5）易燃、可燃材料的使用及管理：

a）使用可燃材料进行保温的工程，必须设专人进行监护、巡逻检查。人员的数量应根据使用可燃材料量的数量、保温的面积而定。

b）合理安排施工工序及网络图，一般是将用火作业安排在前，保温材料安排在后。

c）保温材料定位以后，禁止一切用火、用电作业，特别禁止下层进行保温作业，上层进行用火、用电作业。

d）照明线路、照明灯具应远离可燃的保温材料。

e）保温材料使用完以后，要随时进行清理，集中进行存放保管。

（6）冬期消防器材的保温防冻：

a）室外消火栓

冬期施工工地，应尽量安装地下消火栓，在入冬前应进行一次试水，加少量润滑油，消火栓用草帘、锯末等覆盖，做好保温工作，以防冻结。冬天下雪时，应及时扫除消火栓上的积雪，以免雪化后将消火栓井盖冻住。高层临时消防水管应进行保温或将水放空，消防水泵内应考虑采暖措施，以免冻结。

b）消防水池

入冬前，应做好消防水池的保温工作，随时进行检查，发现冻结时应进行破冻处理。一般方法是在水池上盖上木板，木板上再盖上不小于40 cm～50 cm厚的稻草、锯末等。

c）轻便消防器材

入冬前应将泡沫灭火器、清水灭火器等放入有采暖的地方，并套上保温套。

参 考 文 献

[1] 建设部人事教育劳动司，中国安装协会. 安装企业安全施工管理与安全技术. 成都：四川科学技术出版社，1995.
[2] 建设部人事教育司. 工程安装钳工. 北京：中国建筑工业出版社，2002.
[3] 王维中，邢玉晶. 铆工. 北京：化学工业出版社、工业装备与信息工程出版中心，2005.
[4] 吕嘉宾，张锦明. 起重工(中级). 北京：机械工业出版社，2006.
[5] 刘云龙. 焊工：中级. 北京：机械工业出版社，2007.
[6] 潘玉山. 电气设备安装工：中级. 北京：机械工业出版社，2006.
[7] 赵力电. 管工：中级. 北京：机械工业出版社，2005.
[8] 中国建筑工业出版社编. 建设工程施工安全技术操作规程. 北京：中国建筑工业出版社，2004.
[9] 全国注册安全工程师执业资格考试辅导教材编审委员会. 全国注册安全工程师执业资格考试辅导教材：安全生产技术. 北京：中国大百科全书出版社，2006.
[10] 河南省建设安全监督总站. 河南省建筑施工企业主要负责人、项目负责人、专职安全生产管理人员安全生产培训考核辅导资料：第二册. 2004.
[11] 河南省建设厅. 河南省建设安全技术标准规范汇编. 2002.
[12] 王玉元，王金波，肖爱民. 安全工程师手册. 成都：四川人民出版社，1995.
[13] 刘俊. 施工企业压力管道安装资格申请操作实务. 北京：中国标准出版社，2005.
[14] 刘俊. 锅炉安装资质申请与评审指南. 北京：中国标准出版社，2006.